

Treball de Fi de Grau

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Estudi del funcionament i característiques dels interruptors industrials

MEMÒRIA

Autor: Solsona Becerra, Àxel
Director: Villafáfila Robles, Roberto
Convocatòria: Juny 2018



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resum

El present projecte es basa en l'estudi dels interruptors industrials. Per a entendre què els caracteritza i per a què serveixen, primer de tot s'han d'estudiar i entendre els fenòmens elèctrics contra els quals actuen. És per això que estudiar els interruptors industrials requereix un pas previ en el que s'estudiïn els defectes dels circuits elèctrics.

Posteriorment, aquest projecte estudia les característiques generals dels dispositius de protecció elèctrica englobats dintre els interruptors industrials, ja que és l'associació de diferents dispositius de protecció la que conforma les característiques, funcionalitats i aplicacions dels interruptors industrials.

Seguidament, aquest projecte presentarà diferents aparells de protecció elèctrica que conformen la família dels interruptors automàtics, explicant les seves característiques, els dispositius que els conformen i per a què s'utilitzen, ja que cadascun té el seu àmbit d'aplicació.

Després de la part teòrica dedicada a entendre els dispositius de protecció i els defectes contra els que actuen es passarà a oferir un conjunt d'exemples reals de com aquests dispositius es poden coordinar, coordinació explicada a la part teòrica.

Finalment es mostrarà un cas pràctic en el que s'utilitzarà un software de càlcul de corrents de curtcircuit i es compararà amb els valors obtinguts analíticament per a comprovar la seva validesa.

Sumari

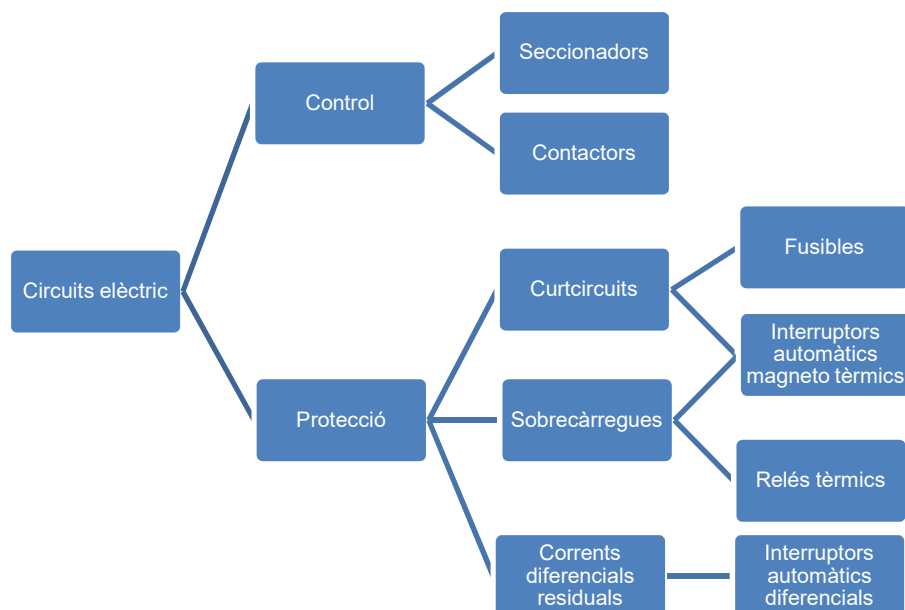
Resum	1
Sumari	3
1. Introducció	5
1.1 Objectius	6
1.2 Abast	6
2. Introducció al fenomen de les sobreintensitats elèctriques	7
2.1 Circuits de baixa tensió	7
2.2 Sobreintensitats	8
2.2.1 Sobrecàrrega	8
2.2.2 Curtcircuit	8
2.2.3 Limitació de corrent	14
2.2.4 Energia específica passant (I^2t)	16
2.2.5 Selectivitat	19
2.2.6 Corrents diferencials residuals	29
3. Característiques generals de l'aparellatge de protecció contra sobreintensitats de baixa tensió	31
3.1 Normativa i camp d'aplicació	31
3.2 Tipus de dispositiu	31
3.2.1 Naturalesa d'un dispositiu	32
3.2.2 Número de pols	34
3.2.3 Naturalesa del corrent	34
3.2.4 Mitjà de tall	35
3.2.5 Condicions de funcionament	35
3.3 Valors assignats i valors límit del circuit principal	38
3.3.1 Tensions assignades	39
3.3.2 Intensitats assignades	40
3.3.3 Freqüència assignada	41
3.3.4 Serveis assignats	41
3.3.5 Característiques en condicions normals de càrrega i de sobrecàrrega	44
3.3.6 Característiques de curtcircuit	44
3.3.7 Temps	45
3.4 Circuits de comandament	46
3.5 Circuits auxiliars	46

3.6 Relés i disparadors	47
3.6.1 Definicions	47
3.6.2 Tipus de relés.....	47
3.7 Condicions de servei.....	51
3.7.1 Condicions ambientals. Contaminació.....	51
3.7.2 Condicions atmosfèriques.....	51
3.8 Requisits de funcionament.....	52
4. Interruptors automàtics	55
4.1 Introducció.....	55
4.2 Definició.....	55
4.3 Simbologia	61
4.4 Interruptors automàtics modulars.....	62
4.5 Interruptors automàtics per a actuar per corrent diferencial residual	66
4.6 Interruptors automàtics de caixa modelada i bastidor obert	70
4.7 Interruptors automàtics amb protecció incorporada per intensitat diferencial residual (DPR).....	74
5. Exemples reals de Selectivitat entre interruptors automàtics i/o fusibles.	79
5.1 Selectivitat entre dos interruptors automàtics de caixa modelada.....	82
5.2. Selectivitat entre un interruptor de caixa modelada (MCCB) i un modular (MCB).....	84
5.3 Selectivitat entre un fusible i un interruptors automàtics de caixa modelada.....	87
6. Càlcul dels poders de tall en un circuit de distribució.....	89
7. Conclusions.....	97
8. Pressupost	99
9. Impacte ambiental.....	101
10. Bibliografia	103
Annexos	

1. Introducció

Tot circuit elèctric està compost per una o més fonts d'alimentació, ja siguin generadors o transformadors, i per una o més càrregues que són alimentades per aquesta o aquestes fonts d'alimentació. Les fonts d'alimentació i les càrregues estan connectades entre si per conductors que transporten energia d'una a l'altre, conductors amb unes característiques i unes limitacions finites. És per això que quan falla alguna cosa en l'equilibri que hi ha en un circuit, és necessari tenir la capacitat de controlar i actuar a temps davant el que passarà per a evitar que el circuit pateixi danys i, molt més important, que les persones que treballen en ell o es trobin a prop pateixin danys.

Per a aconseguir-ho, s'utilitzen dispositius elèctrics que permeten controlar i/o protegir els circuits elèctrics davant aquests defectes.



1.1 Objectius

Aquest projecte pretén estudiar les característiques dels dispositius de protecció elèctrica necessaris per a protegir els circuits davant defectes elèctrics tant per a què afectin el menys possible al circuit en el que succeeixen com per a protegir als éssers vius que hi puguin patir danys. És per això que primerament s'haurà d'estudiar quins són aquests defectes, les seves característiques i què passa quan succeeix algun d'ells en un circuit elèctric.

1.2 Abast

Aquest projecte estudiarà els fenòmens de les **sobreintensitats** només en circuits de **baixa tensió**, centrat en estudiar els fenòmens de **sobrecàrrega**, **curtcircuit** i **intensitats diferencials residuals** en els circuits elèctrics. Només es centrarà en l'estudi dels dispositius de protecció que s'utilitzen des dels borns secundaris d'un transformador de MT/BT (de mitja tensió a baixa tensió) fins a les càrregues que puguin haver aigües avall del circuit.

S'estudiaran els dispositius **mecànics** de protecció elèctrica per a circuits de baixa tensió, en concret els **interruptors industrials**. Per a fer això, primerament s'exposaran les característiques que han de complir els dispositius de protecció elèctrica en baixa tensió segons les normes tècniques corresponents. Dintre la família dels interruptors industrials s'estudiaran les característiques del interruptors automàtics, en concret els magneto tèrmics i els que actuen per intensitat diferencial residual.

2. Introducció al fenomen de les sobreintensitats elèctriques

2.1 Circuits de baixa tensió

Un circuits de baixa tensió en corrent altern és bàsicament un circuit elèctric que conté una font d'alimentació, provinent d'un generador o d'un transformador, definida per la seva potència nominal (P_n), per la seva tensió nominal (U_n) y per la seva impedància interna o impedància de curtcircuit (Z_{cc}); per unes línies de conducció d'energia amb una impedància lineal (Z_L) que pot ser òhmica (R_L) o bé òhmico-inductiva ($R_L + X_L$); i per una càrrega d'impedància (Z_c) que pot ser òhmica o òhmico-inductiva (no es consideraran els efectes capacitius en les línies de baixa tensió, ni xarxes capacitives, ja que estan prohibides reglamentàriament).

En corrent continu el circuit té la mateixa constitució, tot i que les fonts d'alimentació, si estan constituïdes per bateries, s'hauran de definir per la seva capacitat en **Ah** enlloc de la potència; la tensió nominal serà la tensió de buit (E_o) en bornes de la bateria totalment carregada, i tindrà una resistència interna (R_i) enlloc d'una impedància interna. Les línies i càrregues es comportaran com a resistives (R_c) a efectes de càlcul, tot i així s'haurà de vigilar amb les sobretensions de desconexió.

Els valors d'aquestes magnituds estan explicats en referència a la Norma UNE- EN 60947-1 [1] i la UNE- EN 60898-1 [2].

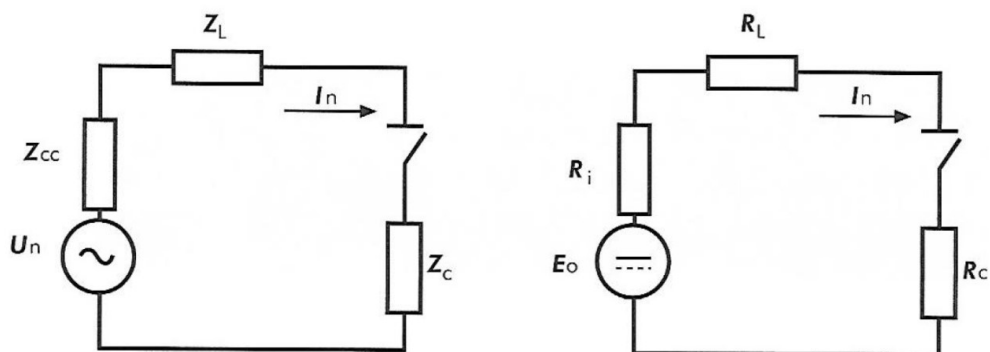


Figura 1. Paràmetres dels circuits de corrent altern i corrent continu [3]

2.2 Sobreintensitats

Quan en un circuit elèctric es produeixen intensitats superiors als valors assignats, o nominals, es denominen **sobreintensitats** si en condicions de servei la impedància de càrrega disminueix, o inclús s'anul·la totalment.

2.2.1 Sobrecàrrega

Quan un circuit elèctric considerat sà pateix una disminució en la seva impedància de càrrega per l'augment del número o potencia de receptors connectats, aleshores té lloc el fenomen de la sobrecàrrega que dóna lloc a una intensitat de sobrecàrrega.

Les intensitats de sobrecàrrega es manifesten com a sobreintensitats de valor poc superior al nominal que per a danyar una instal·lació necessita succeir durant un llarg període de temps. Sabent això, els dispositius de protecció contra sobrecàrregues seran dispositius d'actuació lenta que permetran la presència de sobrecàrregues un període de temps molt més llarg que el d'un altre fenomen com és el curtcircuit.

2.2.2 Curtcircuit

El fenomen del curtcircuit apareix quan, de manera accidental o intencionada, dos punts del mateix circuit amb tensions diferents queden connectats a través d'una impedància de petit valor, produint-se intensitats de curtcircuit, el valor de la qual només es veu limitat per les impedàncies de curtcircuit de la font d'alimentació i el tros de línia comprés entre aquesta i el punt de curtcircuit.

$$I_{cc} = \frac{U_n}{Z_{cc} + Z_L} \quad \text{o bé;} \quad I_{cc} = \frac{E_o}{R_i + R_L}$$

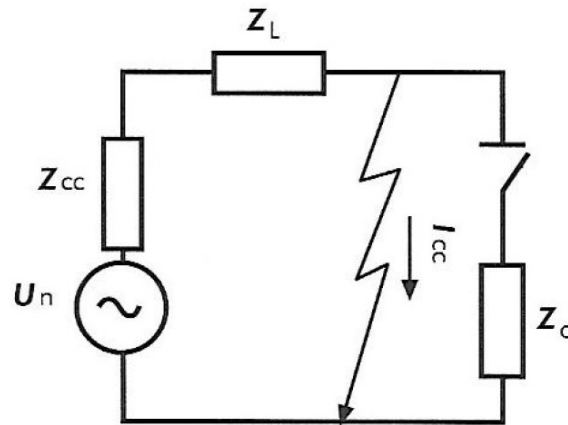


Figura 2. Circuit en curtcircuit [3]

Aquestes impedàncies seran de valors molt reduït, provocant valor molt elevats d'intensitats de curtcircuit que provoquen efectes tèrmic i electrodinàmics que poden destruir les font, les canalitzacions, els receptors i l'aparellatge, ja que pot anar acompanyada de l'aparició d'un arc elèctric que pot generar temperatures de varis milers de graus.

Aquesta intensitat serà de valor màxim quan el curtcircuit es produeixi en bornes de la font d'alimentació, ja que només estarà limitada per la impedància de curtcircuit interna de la font.

$$I_{cc} = \frac{U_n}{Z_{cc}} \quad \text{o bé;} \quad I_{cc} = \frac{E_o}{R_i}$$

Les dificultats per a conèixer amb exactitud els valors en temps real de les impedàncies de línia i de càrrega d'un sistema elèctric de distribució, ens fa adoptar el valor del corrent de curtcircuit en bornes de la font d'alimentació com a valor del corrent de curtcircuit del circuit sencer. Aquesta apreciació, tot i que inexacte, serveix tècnicament, ja que així es treballa de manera conservadora amb valors superiors als reals.

2.2.2.1 Característiques generals d'una corrent de curtcircuit

Les corrents de curtcircuit més comunes en corrent altern són les produïdes en punts allunyats de les bornes de la font d'alimentació, sent aquells on la impedància entre ells i la font és superior a la de la font ($Z_L > Z_{cc}$) en instants on la intensitat no acostuma a passar per zero. En aquests casos les intensitats evolucionen segons un regim **transitori** o d'establiment que dura aproximadament 0,1s, seguit d'un regim **permanent**.

El regim transitori té característiques asimètriques, és a dir, té una corrent de curtcircuit alterna inicial de freqüència igual a la de servei i de valor:

$$I_{cc} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \times (Z_{cc} + Z_L)}$$

A aquesta intensitat si sobreposa un altre de continua o unidireccional que té la següent forma:

$$i_d = I_{do} \times e^{\frac{-Rx}{L}}$$

Aquesta intensitat es va atenuant amb el temps fins desaparèixer, amb una duració en segons de

$$\tau = \frac{L}{R}$$

Anomenada **constant de temps**. El valor inicial I_{do} és igual al valor instantani de la intensitat de curtcircuit estacionaria en el moment de la connexió.

Quan tots el processos de compensació s'han atenuat, o quan el curtcircuit es produeix amb un factor de potència igual a la unitat o en el moment en que la ona de la intensitat passa per zero, s'estableix el regim permanent i el corrent permanent de curtcircuit té característiques simètriques.

Si el defecte es produeix a les bornes del generador o font d'alimentació, el corrent de curtcircuit asimètrica evoluciona segons tres règims durant el període d'establiment: el sub-transitori, el transitori resultat de la suma de les components alternes sub-transitòries i transitòria amb la component continua; y el permanent. Les tres senyals i la ona resultant es poden observar a la Figura 3. Règim asimètric d'un curtcircuit en defectes allunyats de la font, produïts en l'instant en que la tensió passa per zero [3].

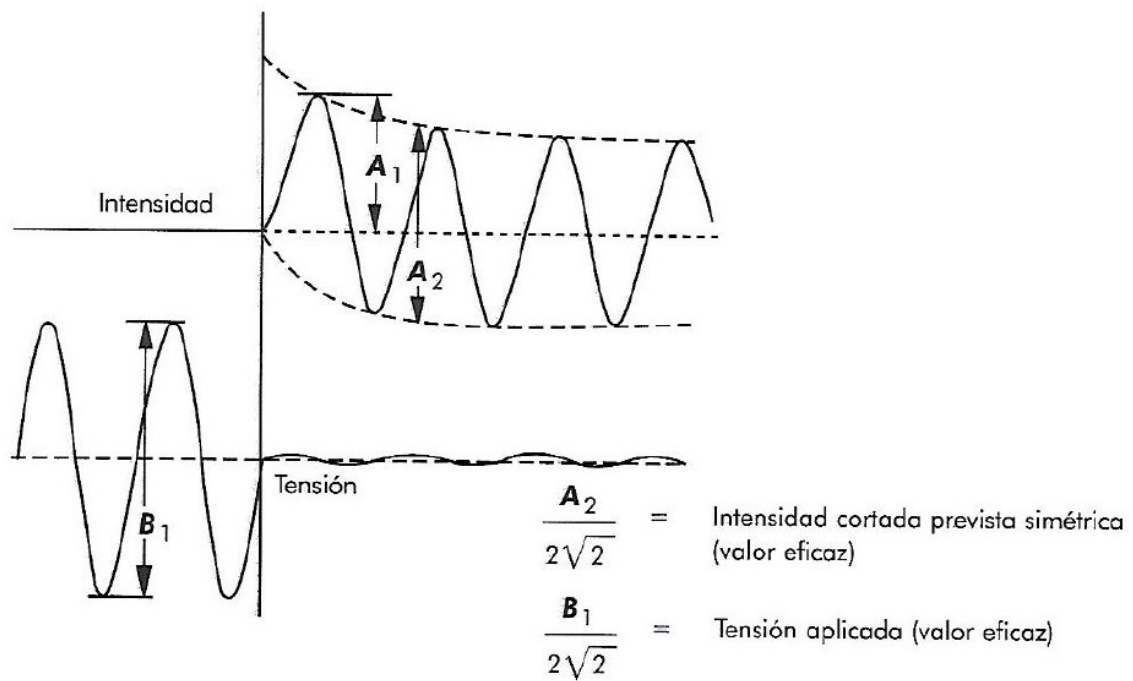


Figura 3. Règim asimètric d'un curtcircuit en defectes allunyats de la font, produïts en l'instant en que la tensió passa per zero [3].

2.2.2.2 Amplitud màxima del corrent asimètrica: Intensitat de xoc de curtcircuit

En quant a la intensitat de curtcircuit asimètrica es consideren dos valors significatius:

- El valor de cresta, valor de pic o valor màxim de la ona alterna,

$$I_{occ} = \sqrt{2} \times I_{cc}$$

- La intensitat de xoc de curtcircuit (I_p), que és el valor màxim de la primera semionada d'intensitat durant el període transitori i es calcula utilitzant la següent expressió:

$$I_p = k \times I_{occ} = k \times \sqrt{2} \times I_{cc}$$

On:

- k És el factor de xoc que depèn del factor de potència del curtcircuit (R/Z_{cc}) segons els valors de la Taula 1 o de la relació (R/X) de la Taula 2.
- I_{cc} És el valor eficaç del corrent permanent del curtcircuit.

Cos θ	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
k	2	1,75	1,55	1,4	1,3	1,18	1,12	1,05	1,02	1,01	1

Taula 1. per el càlcul del corrent de xoc de curtcircuit en funció del factor de potència [2]

R/X	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2
k	2	1,75	1,55	1,4	1,31	1,25	1,18	1,14	1,11	1,09	1,08	1,06	1,05

Taula 2. Factor k per el càlcul del corrent de xoc de curtcircuit en funció del coeficient R/X de la xarxa [2].

El valor eficaç del corrent permanent del curtcircuit I_{cc} és un valor que ve donat per el fabricant del transformador o generador i està definida per

$$I_{cc} = \frac{P \times 100}{\sqrt{3} \times U_{2n} \times \epsilon_{cc}}$$

On:

- P Potència nominal del transformador o generador en KVA.
- U_{2n} Tensió entre fases.
- ϵ_{cc} Impedància de curtcircuit percentual

Aquesta expressió prové de la combinació de l'expressió de la tensió de curtcircuit d'un transformador o generador

$$P_{cc} = \frac{100}{\epsilon_{cc}} \times P$$

i de la del corrent permanent de curtcircuit

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times U_{2n}}$$

El valor de la intensitat de xoc en curtcircuit es molt important per determinar els esforços electrodinàmics que ha de suportar una instal·lació.

Exemple [3]:

Un transformador de 250kVA, $\varepsilon_{cc} = 4\%$, $U_{2n} = 380V$, $\cos \theta = 0,3$, tindrà un valor de corrent de cresta de curtcircuit

$$I_p = k \times \sqrt{2} \times I_{cc} = 1,4 \times 1,41 \times 9 \text{ kA} = 17,76 \text{ kA}$$

Si aquest transformador alimenta un embarrat de platines de 1m de longitud separades per 10cm cada una, els esforços electrodinàmics produïts seran

$$F = \frac{\mu_o \times I_p^2 \times l}{2 \times \pi \times d} = \frac{4 \times \pi \times 10^{-7} \times 17760^2 \times 1}{2 \times \pi \times 0,1} = 630 \text{ N}$$

Sent:

- **F** Força en N
- **μ_o** Coeficient de permeabilitat del buit en N/A^2
- **l** Longitud dels conductors en m
- **d** Distància entre els conductors en m

La norma **UNE EN 60947-1** [1] concreta aquests fenòmens amb les definicions:

Intensitat prevista és la intensitat del corrent que circularia per el circuit (en cas de curtcircuit) si cada pol del dispositiu de connexió o el fusible fos substituït per un conductor d'impedància menyspreable.

Intensitat prevista simètrica, o intensitat prevista quan és establerta en un instant tal que no segueix al seu establiment ningun fenomen transitori. S'expressa pel seu valor eficaç.

Valor de cresta d'intensitat prevista (I_{occ}), o valor de cresta de una intensitat prevista durant el període que segueix al seu establiment, expressada pel seu valor eficaç.

Valor màxim de cresta de la intensitat prevista (I_p), o valor de cresta de la intensitat prevista quan l'establiment del corrent te lloc en l'instant que porta el valor més elevat possible.

2.2.3 Limitació de corrent

Com ha definit el punt anterior, la component unidireccional del corrent de curtcircuit provoca un increment del valor de pic de la primera semionada que depèn del factor de potència del curtcircuit. Aquest valor de pic del corrent, en absència de interrupció produiria elevades sol·licitacions electromecàniques dels dispositius de la instal·lació; és per això que és important que el corrent de curtcircuit sigui interrompuda abans que assolixi el seu valor màxim.

Aquesta funció la compleixen els dispositius de protecció **limitadors**, caracteritzats per la **limitació de corrent i l'energia específica passant**, segons la **UNE-EN 60947-1:2008** [1].

2.2.3.1 Característica de limitació de corrent

Un dispositiu de protecció és limitador quan el temps particularment curt de tall (en interruptors automàtics) o per el seu funcionament dintre una determinada zona de corrents (per els cartutxos fusibles), limita la intensitat de corrent de curtcircuit a un valor sensiblement inferior al valor de cresta del corrent prevista, és a dir, evita que el corrent de curtcircuit arribi al seu màxim d'amplitud.

Les característiques de limitació s'expressen amb els següents valors:

- **Intensitat tallada limitada**, o valor màxim instantani de la intensitat assolit durant el tall d'un dispositiu de connexió o un fusible (Figura 4).
- **Característica d'intensitat tallada limitada** o corba que relaciona els valors màxims en kA del corrent tallada (intensitat de curtcircuit limitada) amb els valors instantanis màxims possibles (corrent de cresta o corrent de xoc) de la intensitat de curtcircuit que es produiria sense limitació (intensitat prevista). En corrent altern són els valors màxims de la intensitat tallada, qualsevol que sigui el grau de asimetria, i en corrent continu són els valors màxims als que arriba la intensitat tallada limitada, tenint en compte la constant de temps especificada.

Si un dispositiu té més de dos tensions nominals assignades, amb dos poders de tall últim en curtcircuit, aquests queden reflectits en la característica (Figura 5).

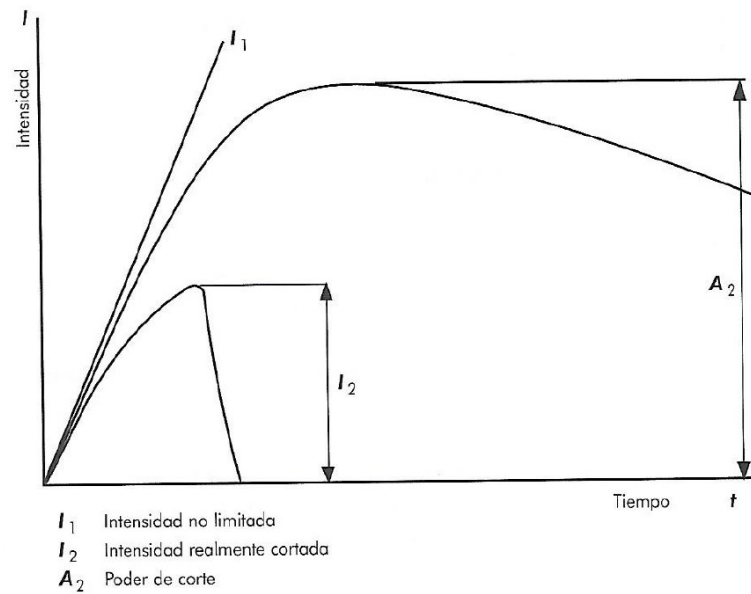


Figura 4. Relació entre la intensitat no limitada, el poder de tal i la intensitat realment tallada per un dispositiu limitador [3].

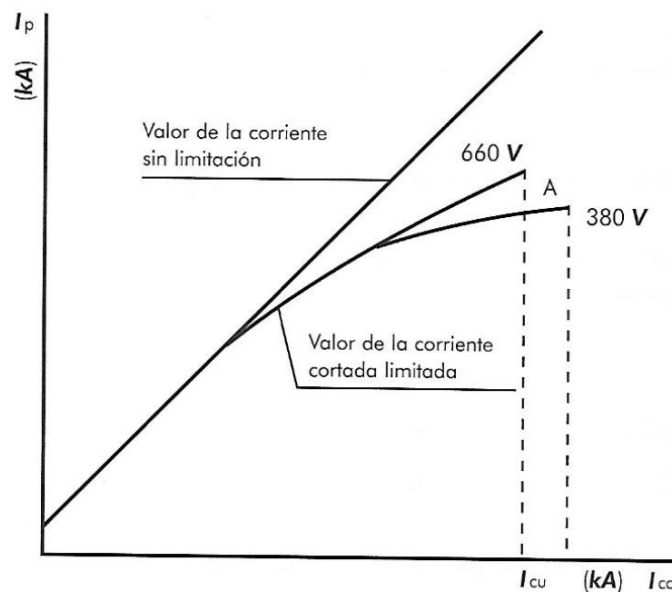


Figura 5. Característica d'intensitat tallada limitada. El punt A indica el valor d'intensitat tallada limitada [3].

- **Coefficient de limitació de corrent** o coeficient entre la intensitat de curtcircuit limitada i la intensitat de curtcircuit pressuposada (corrent de curtcircuit permanent en el circuit sense dispositiu de protecció).

$$k_i = \frac{I_{cc} \text{ limitada}}{I_{cc} \text{ prevista}}$$

Com més baix sigui aquest coeficient millor és la qualitat tècnica d'un interruptor, que es considera limitador si

$$k_i \leq 0,6$$

La limitació de corrent es pot aconseguir provocant la repulsió electromagnètica entre els contactes (recordar Exemple), o mitjançant un increment de la tensió d'arc de ruptura que produeix l'efecte com si intercalàrem una elevada resistència en el circuit, tot i que amb aquesta mesura es produeixin fenòmens que s'analitzaran més endavant.

La limitació de corrent comporta una reducció de l'energia específica passant, que redueix enormement les sol·licitacions dels dispositius de la instal·lació.

2.2.4 Energia específica passant (I^2t)

La llei de Joule determina que tota circulació de corrent elèctrica a través d'un circuit desenvolupa una energia

$$W = R \times I^2 \times t \text{ (J)}$$

Que es transforma íntegrament en calor

$$Q = 0,239 \times W$$

Si el corrent és alterna, l'energia es calcula amb una integral

$$W = \int_0^t R \times i^2 \times dt$$

És comprensible que en el cas d'un curtcircuit, el valor d'aquesta energia resultarà molt elevat de manera que pot arribar a produir sobreescalfaments indesitjats i la fusió dels conductors.

Si referim aquest valor a la unitat de resistència, aleshores el valor de la integral, coneguda com a **integral de Joule** pren el valor I^2t (A^2s), es denomina **energia específica passant** i resulta en la mateixa per a tots els elements del circuit recorreguts per la mateixa intensitat. Així doncs, l'energia en **J** alliberada per **1 ohm** de resistència en un circuit, és igual al valor de I^2t de funcionament del dispositiu de protecció expressat en A^2s .

Per una altra banda, l'energia passant, com a característica d'un dispositiu de protecció, és la màxima energia que deixa passar el dispositiu que, com es veurà, pels conductors no pot ser superior al valor $k^2 S^2$.

La informació sobre la característica $I^2 t$ d'un dispositiu o un conductor es facilita mitjançant una corba que relaciona els valor de l'energia passant $I^2 t$ en $A^2 s$, indicat a les ordenades, amb els de les intensitats de curtcircuit tallades per el dispositiu o de les intensitats de curtcircuit pressuposades o suportades per el conductor, fins els seus respectius valors màxims, indicats a les abscisses.

Les corbes d'energia passant $I^2 t$ per a un interruptor automàtic tenen la forma representada en la Figura 6.

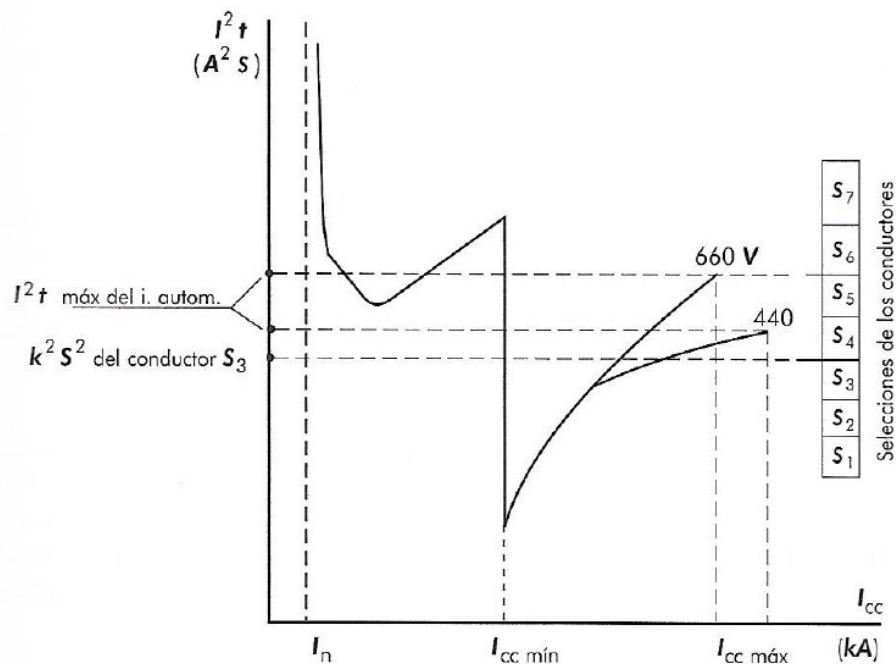


Figura 6. Corbes $I^2 t$ d'un interruptor automàtic [3]

La corba, de manera similar a la de temps-corrent, delimita mitjançant un traç perpendicular al eix d'ordenades les zones d'actuació tèrmica i magnètica. La projecció d'aquest traç sobre l'eix d'abscisses facilita el valor del llinar de salt magnètic, és a dir, el valor del corrent de curtcircuit mínima que provocarà el salt del interruptor en un temps màxim de 5 segons.

Si l'interruptor te dues tensions de funcionament, la corba es bifurcarà per a facilitar dos valors límits de corrent tallada. A la dreta es poden indicar els valors de secció dels conductor els $k^2 S^2$ d'energia específica suportada dels quals es correspon amb els d'energia específica $A^2 s$ passant de l'interruptor.

Les corbes $I^2 t$ tipus per a un fusible y per a un conductor es dibuixen segons la següent Figura 7.

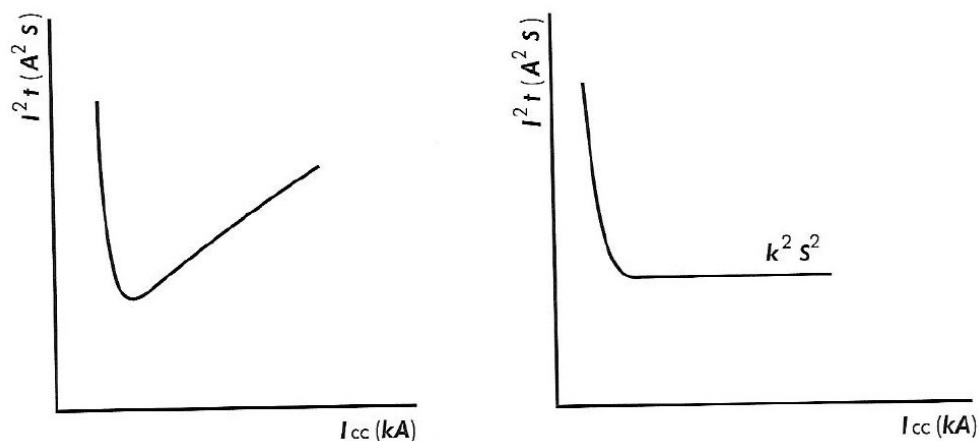


Figura 7. Corba $I^2 t$ d'un fusible i d'un conductor respectivament [3]

Per a l'energia passant es defineix també un coeficient de limitació, que és el quocient entre l'energia passant limitada i l'energia passant pressuposada

$$k x i^2 x t = \frac{I^2 x t \text{ limitada}}{I^2 x t \text{ pressuposada}}$$

Considerant que el dispositiu és limitador si

$$k x i^2 x t \leq 0,3$$

2.2.5 Selectivitat

Els dispositius de protecció contra sobreintensitats han de tenir un funcionament coordinat seguint els criteris de la selectivitat si es vol que, en el cas d'aparició d'un defecte, la desconexió dels dispositius de protecció quedi limitada a la protecció immediatament anterior (aigües amunt) a l'origen del defecte. Això permet que les conseqüències derivades de l'aparició d'un defecte a la instal·lació afectada es redueixin a la zona on ha aparegut el defecte i no a tota ella.

S'anomena **selectivitat**, segons la **UNE-EN 60947-1** [1], a la coordinació entre les característiques de funcionament de dos o més dispositius de protecció de sobreintensitat de manera que quan es presentin sobreintensitats dintre dels límits fixats, el dispositiu previst per a funcionar dintre dels límits actuï y no actuïn altres.

2.2.5.1 Tipus de selectivitat

La selectivitat pot ser, segons el seu grau, **selectivitat total** o **selectivitat parcial** i, segons el seu tipus, **selectivitat amperimètrica**, **selectivitat cronomètrica** o **selectivitat d'acompanyament**.

2.2.5.1.1 Selectivitat total

La selectivitat total entre dispositius es dona quan, en el cas d'una sobreintensitat i en presència de dos dispositius de protecció de màxima intensitat col·locats en sèrie, el dispositiu de protecció instal·lat aigües avall (més pròxim al defecte), assegura la protecció sense provoca el funcionament de l'altre dispositiu, per a tots els valor de corrent fins la I_{cc} prevista en aquest punt de la instal·lació.

En la Figura 8 es podrà observar una gràfica amb les corbes característiques de dos dispositius amb selectivitat total. El dispositiu 1, situat aigües avall, davant un defecte funcionarà sempre abans que el dispositiu 2 per a tot el rang de intensitats inferiors a I_{cu} .

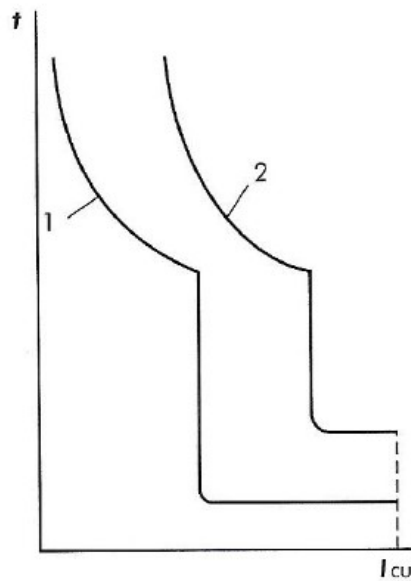


Figura 8. Selectivitat total en dos dispositius de protecció en sèrie [3]

2.2.5.1.2 Selectivitat parcial

La selectivitat entre dos dispositius és parcial quan, en el cas d'una sobreintensitat, entre dos dispositius de màxima intensitat situats en sèrie, el dispositiu de protecció situat aigües avall (més pròxim al defecte) assegura la protecció fins a un cert **límit de selectivitat** que és inferior al valor de curtcircuit màxim, sense provocar el funcionament de l'altre dispositiu de protecció. Si es supera aquest valor els dos dispositius passen a actuar simultàniament.

En la Figura 9 es podrà observar una gràfica amb les corbes característiques de dos dispositius amb selectivitat parcial. El dispositiu 1, situat aigües avall, davant un defecte funcionarà sempre abans que el dispositiu 2 per a tot el rang de intensitats inferiors a I_s , intensitat límit de selectivitat, sempre menor a I_{cu} .

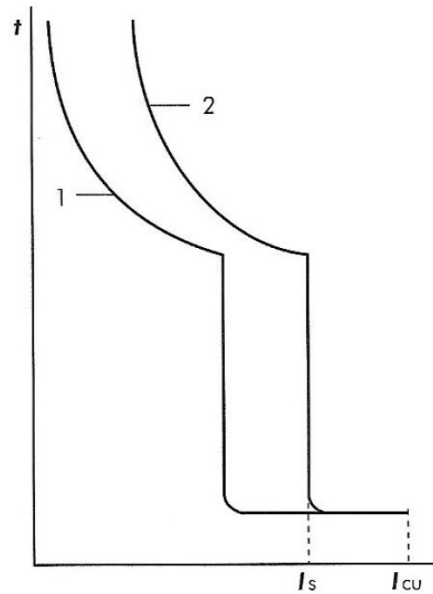


Figura 9. Selectivitat parcial entre dos dispositius de protecció en sèrie [3].

2.2.5.1.3 Selectivitat amperimètrica

La selectivitat entre dos dispositius de protecció és amperimètrica quan els límits del corrent de desconexió estan degudament escalonats.

La selectivitat amperimètrica pot ser parcial, limitant-se als casos en els que la magnitud del defecte és inferior al límit del dispositiu situat aigües amunt, o total quan el límit de funcionament instantani del dispositiu de protecció situat aigües amunt al de protecció del defecte és superior a la característica de funcionament del dispositiu aigües avall. D'aquesta manera, la Figura 8 i la Figura 9. Selectivitat parcial entre dos dispositius de protecció en sèrie [3]. són exemples de selectivitat total i parcial amperimètrica.

La selectivitat amperimètrica s'utilitza per a les proteccions davant sobrecàrregues i es pot millorar si l'interruptor automàtic immediatament aigües amunt del defecte és limitador de corrent.

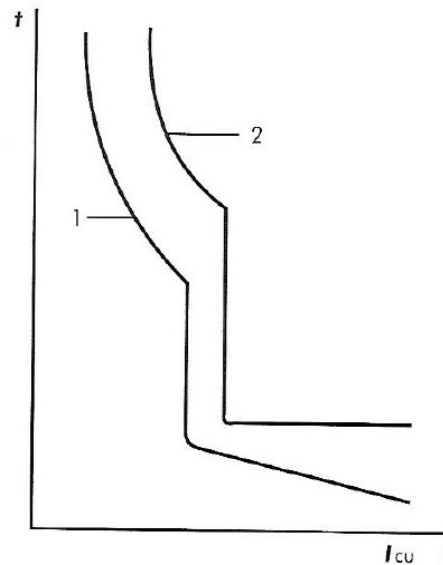


Figura 10. L'interruptor limitador 1 millora la selectivitat amperimètrica del 2 [3]

2.2.5.1.4 Selectivitat cronomètrica

Quan per la proximitat entre les corbes característiques entre dos dispositius a la zona magnètica, per determinats valors de corrent de curtcircuit, no queda assegurada la selectivitat entre ells, es retarda l'accionament del dispositiu aigües amunt durant un temps suficient per a permetre a l'interruptor aigües avall que actuï aïllant el defecte, sense provocar l'obertura del dispositiu aigües amunt. Aleshores, la selectivitat és **cronomètrica**.

Així doncs, a la Figura 11, durant el temps Δt , l'interruptor 2 suporta sense desconnectar, una sobreintensitat de curta durada admissible I_{cw} sempre que l'interruptor 1 tingui un poder de tall últim $I_{cu1} = I_{cw2}$.

També s'aconsegueix selectivitat cronomètrica si els temps d'accionament magnètic són suficientment diferents, és a dir, si el temps de no desconnexió de l'interruptor aigües amunt és superior al temps de desconnexió del dispositiu aigües avall, com es pot observar a la Figura 12.

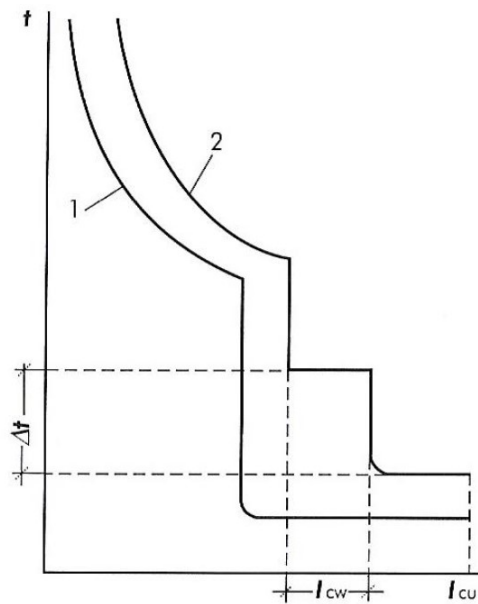


Figura 11. Durant un període Δt el dispositiu 2 suporta una sobreintensitat de curta durada I_{CW} [3]

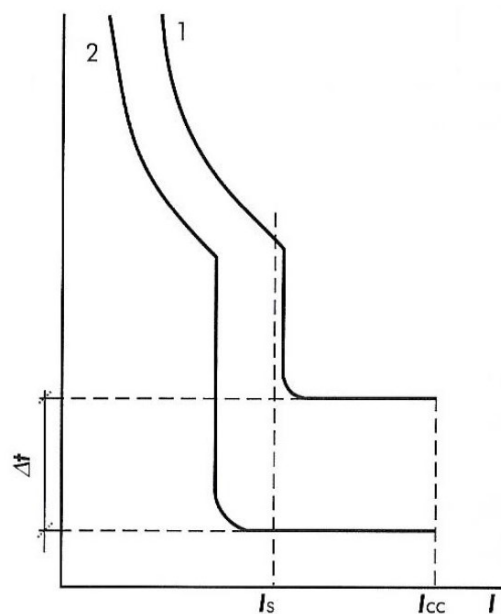


Figura 12. Exemple selectivitat cronomètrica sense retard d'accionament magnètic [3]

Si el corrent del defecte és inferior al límit de desconexió del dispositiu 1, actuarà el dispositiu 2. Si el valor del corrent de defecte supera el límit d'accionament magnètic del dispositiu 1, si aquest dispara ho farà sempre en un interval de temps Δt superior al dispositiu 2.

Al aplicar la selectivitat cronomètrica, la part de la instal·lació recorreguda per la intensitat de curtcircuit ha de poder suportar la sol·licitació tèrmica (I^2t) resultant durant el temps de retard, el que pot portar a tenir que reforçar la secció dels conductor en aquest tram.

Per això, la selectivitat actua en la protecció contra curtcircuits dèbils.

2.2.5.1.5 Selectivitat d'acompanyament o protecció d'acompanyament o "Back Up"

La selectivitat d'acompanyament és aquella que està composta per una coordinació de dos dispositius de protecció de sobreintensitat, en la qual el dispositiu situat a prop de la font d'alimentació efectua la protecció contra les sobreintensitats amb o sense la ajuda de l'altre dispositiu de protecció i impedeix tota sol·licitació excessiva sobre aquest.

És realitzada per diferents dispositius de protecció de sobreintensitat, connectats en sèrie, y sotmesos pràcticament a la mateixa sobreintensitat. Quan succeeix una falta i aquesta supera el valor del corrent d'intersecció, l'interruptor situat aigües amunt del defecte no té suficient capacitat de tall i, aleshores, es produeix la desconexió també de l'altre dispositiu per a ajudar al primer i evitar que es destrueixi.

Això implica que s'admet un dispositiu amb un poder de tall inferior a la intensitat de curtcircuit prevista en aquell punt de la instal·lació, a condició de què serà reforçat aigües amunt per un dispositiu amb el poder de tall necessari.

El poder de tall del dispositiu aigües amunt ha de ser almenys igual a la intensitat prevista de curtcircuit en el punt on estigui instal·lat.

Quan s'utilitza aquest tipus de selectivitat les característiques dels dos dispositius han d'estar coordinades per a que l'energia que deixen passar els dispositius no sigui superior a la que poden suportar sense que pateixi danys el dispositiu situat aigües avall i les canalitzacions protegides per aquests dispositius.

A aquest tipus de coordinació se l'anomena **filiació** i les seves característiques han de ser facilitades pels fabricants.

Aquest tipus de protecció s'efectua quan la continuïtat en el servei de la part de la instal·lació sense defecte no és primordial o quan interessa que el defecte produït en una part de la instal·lació provoqui la falta d'alimentació d'altres equips, com per exemple en les produccions en cadena.

En la Figura 13 es poden observar exemples de característiques de funcionament de coordinació en sèrie entre interruptor automàtics limitador i no limitadors.

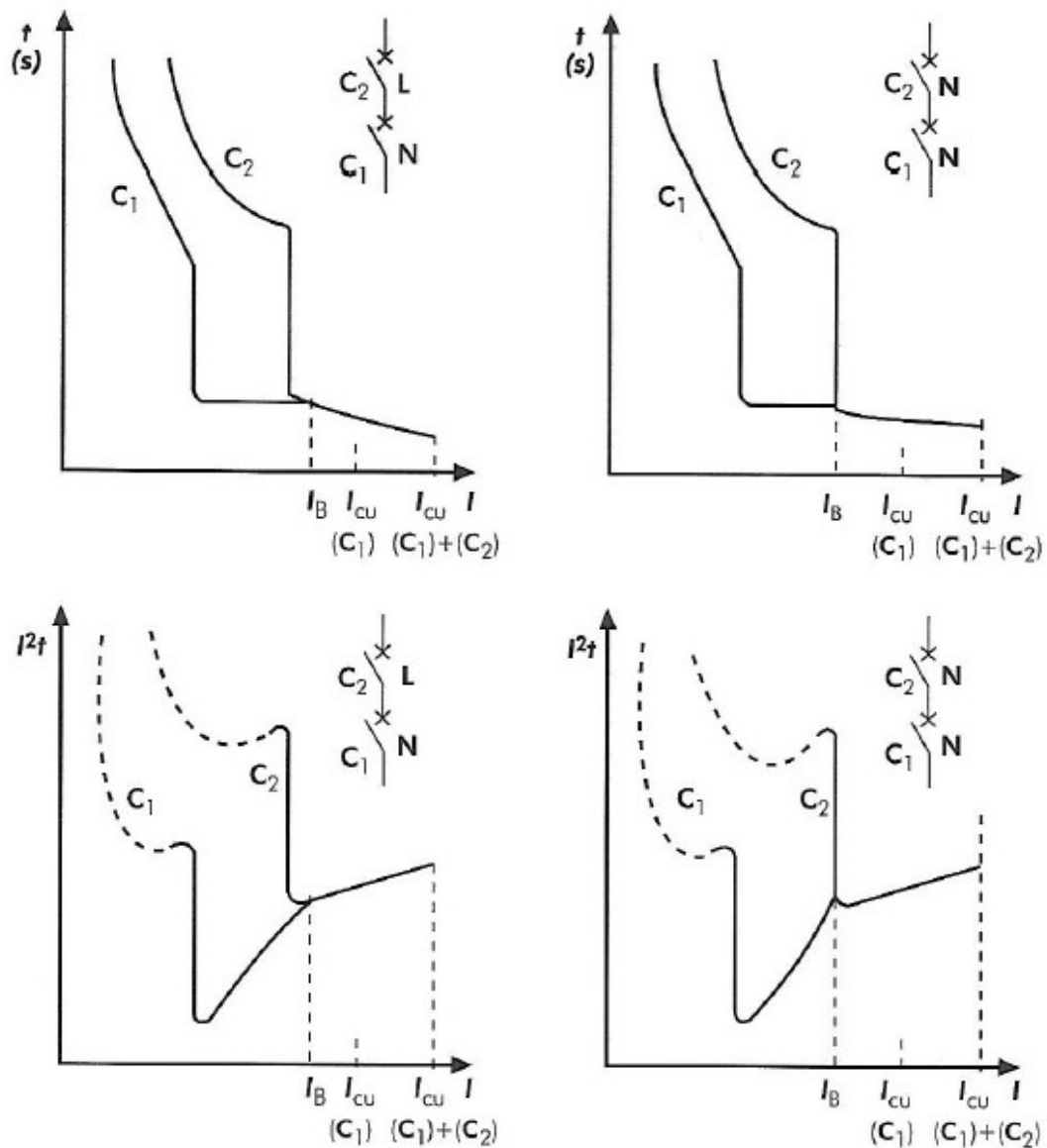


Figura 13. Exemples de coordinació en sèrie entre interruptors automàtics limitadors i no limitadors [3]

On:

- C_1 = Interruptor automàtic no limitador d'intensitat (N).
- C_2 = En el cas de l'esquerre el C_2 és un interruptor automàtic limitador d'intensitat, mentre que en el de la dreta no ho és.
- I_B = Intensitat d'intersecció.

2.2.5.2 Valors de magnitud de selectivitat

Els valors de magnitud de selectivitat són els següents:

Intensitat límit de selectivitat (I_s): és el valor d'intensitat corresponent a la intersecció de la característica total temps-intensitat del dispositiu de protecció situat aigües avall amb la característica temps-intensitat de prearc, per a fusibles, o d'accionament, per a interruptors, de l'altre dispositiu de protecció. És a dir, que la intensitat límit de selectivitat és el valor límit de corrent:

- **Per sota** del qual, per a dos o més dispositius de protecció de màxima corrent situats en sèrie, el dispositiu situat aigües avall, més pròxim al defecte, acaba la seva maniobra de tall en un temps que impedeix que l'altre dispositiu de protecció iniciï la seva maniobra, és a dir, que la selectivitat queda assegurada.
- **Per sobre** del qual, en les condicions anterior, el dispositiu situat aigües avall, pot no acabar la maniobra de tall a temps per a impedir que l'altre dispositiu de protecció iniciï la seva, és a dir, que no assegura selectivitat.

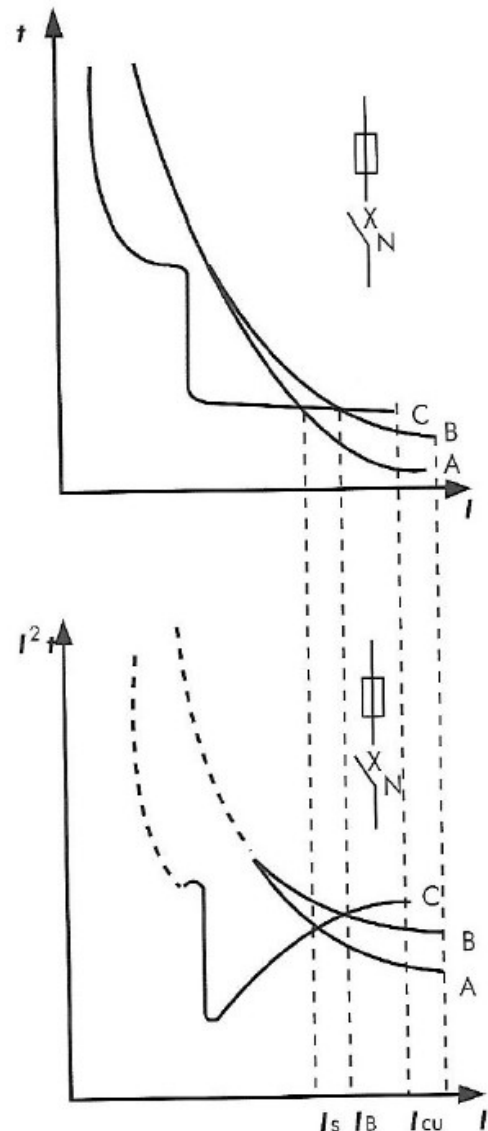


Figura 14. Característiques temps-intensitat d'un fusible i un interruptor automàtic que permet especificar la seva selectivitat [3]

D'aquesta manera, a la Figura 14, per sota del valor de I_s , l'actuació de l'interruptor automàtic serà selectiu enfront els fusibles.

Intensitat d'intersecció (I_B): és el valor de la intensitat corresponent a la intersecció de les característiques temps-intensitat de dos dispositius de protecció de sobreintensitat.

La intensitat d'intersecció és un valor límit, superior al de la intensitat límit de selectivitat, per sobre del qual, en presència de dos dispositius de protecció de màxima intensitat col·locats en sèrie, el dispositiu de protecció situat generalment però no necessàriament aigües amunt assegura la protecció en sèrie de l'altre dispositiu de protecció.

És a dir, si es contempla la Figura 14, per els valors compresos entre I_s i I_B , els fusibles efectuaran generalment, però no necessàriament, la protecció en sèrie o d'acompanyament sobre l'interruptor automàtic, de tal manera que efectuaran la protecció enfront sobreintensitats amb o sense l'ajuda de l'interruptor automàtic; però sobre tot, evitaran tota sol·licitació excessiva sobre ell.

Les característiques I^2t poden utilitzar-se enlloc de les característiques temps-corrent sobretot en els casos de tall de corrents de curtcircuit, on les característiques de temps-corrent no donen informacions adequades.

El corrent d'intersecció, en el cas de selectivitat entre un interruptor automàtic i fusibles, no pot ser superior al poder de tall últim assignat en curtcircuit (I_{cu}) de l'interruptor automàtic.

2.2.5.3 Interrupció de corrent en els circuit

Si ens atenem a la llei de Lenz, que estipula que la interrupció de corrent en qualsevol circuit inductiu, els més habituals, és origen d'una força electromotriu de autoinducció

$$e_L = \frac{-\Delta\theta}{\Delta t}$$

expressada pràcticament en forma de sobretensió que, en la majoria dels casos produeix un arc elèctric amb temperatures corrents de entre 3000°C i 4000°C, ja que la bobina retorna l'energia electromagnètica, $J = 0,5 \times L \times I^2$, emmagatzemada.

Les característiques del corrent altern, amb el pas cíclic per zero, facilita la extinció d'aquest arc que es forma quan s'interromp el circuit. Es pot observar a la Figura 15. Oscil·lograma de la sobretensió generada en l'obertura d'un circuit de corrent altern abans que la intensitat arribi al seu valor de cresta [3].

En corrent continu, en canvi, la dissipació de l'energia electromagnètica acumulada en els circuit generen puntes de tensió molt elevades que, en no ser ràpidament tallades poden provocar la reactivació de l'arc i causar danys a la instal·lació. Es pot observar a la Figura 16. Oscil·lograma de la sobretensió generada en l'obertura d'un circuit de corrent continu després que la intensitat arribi al seu valor màxim [3].

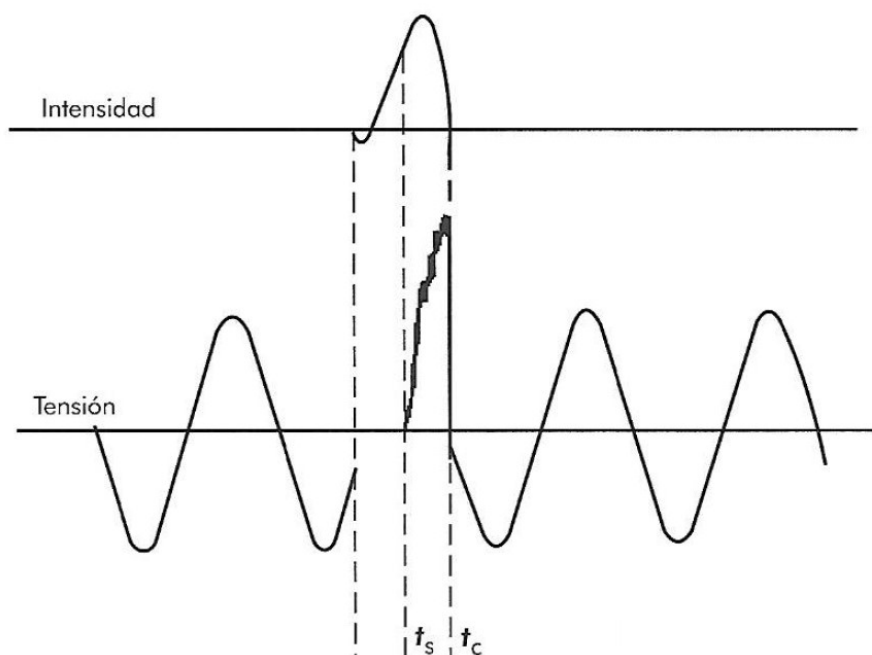


Figura 15. Oscil·lograma de la sobretensió generada en l'obertura d'un circuit de corrent altern abans que la intensitat arribi al seu valor de cresta [3].

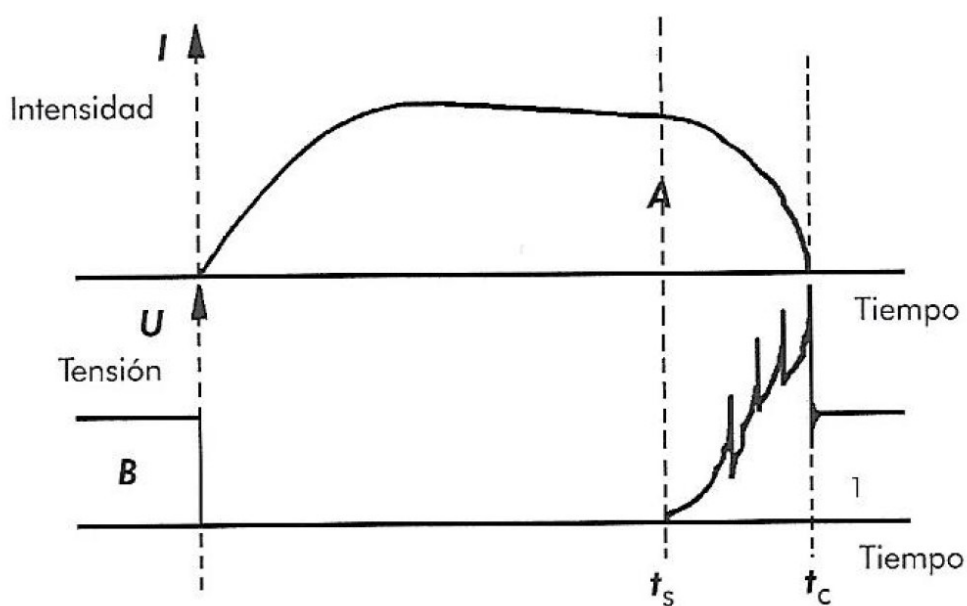


Figura 16. Oscil·lograma de la sobretensió generada en l'obertura d'un circuit de corrent continu després que la intensitat arribi al seu valor màxim [3].

2.2.6 Corrents diferencials residuals

En aquest apartat es tracta el defecte de fuga a terra o corrent diferencial residual, que apareix quan hi ha un contacte indirecte amb un circuit en el que les masses, o connexions a terra, no estan ben compensades de manera que apareix una diferència de corrent o corrent residual. L'existència d'un corrent diferencial residual acostuma a ser conseqüència d'un defecte d'aïllament entre un conductor actiu i una massa o terra. Aquest corrent emprèn un camí anormal, generalment el terra, per a retornar a la font d'alimentació.

Per a detectar quan apareix una intensitat diferencial residual es necessita un captador que subministra una senyal elèctrica útil en el moment que la suma de les corrents que circulen per els conductors actius és diferents de zero.

$$\sum_{c=1}^n \bar{I}_n = \bar{I}_d$$

On:

- **c** és en nombre de conductors. Aquest valor dependrà de si el sistema és monofàsic o trifàsic.
- **I_n** és la intensitat del conductor.
- **I_d** és la intensitat diferencial residual. Aquesta intensitat serà zero en les condicions normals de funcionament.

Els dispositius de protecció davant intensitats diferencials residual tenen els següents corrents característics:

- El **corrent diferencial nominal de funcionament I_{Δn}**. El dispositiu de protecció actuarà quan $I_d \geq I_{\Delta n}$.
- El **corrent diferencial nominal de no funcionament I_{Δn}/2**. El dispositiu de protecció actuarà quan $I_d < \frac{I_{\Delta n}}{2}$.

Quan aquest corrent diferencial residual apareix quan hi ha un contacte indirecte causat per un ésser viu, aquest corrent s'anomena **corrent de xoc**, ja que succeeix el fenomen anomenat **xoc elèctric**.

Es denomina xoc elèctric o accident elèctric a una lesió produïda per l'efecte del corrent elèctric en un ésser viu, que pot arribar a ser mortal. Junt a les magnituds de la tensió elèctrica, la densitat de corrent i la intensitat de corrent, també és important saber si es tracte de corrent altern o continu.

A partir d'una intensitat de **30 mA** de corrent altern el xoc elèctric pot ser mortal.

En corrent altern de **50 Hz**, freqüència habitual de la xarxa elèctrica a Europa, el xoc elèctric pot ser mortal inclús per intensitats de **10 mA** si l'exposició dura més de **2 segons**. En canvi, és possible sobreviure a una intensitat de **300 mA** en corrent continu.

Per a la protecció davant contactes indirectes per tall automàtic d'alimentació, s'han de complir les següents condicions generals:

- Les masses han d'estar connectades al terra d'acord amb el tipus de sistema de distribució (**TT**, **TN** o **IT**), a més les masses simultàniament accessibles han de ser connectades a la mateixa terra de protecció individualment, en grups o col·lectivament. Els diferents sistemes es designen utilitzant dos lletres majúscules:
 - La primera lletra indica la situació del neutre del transformador al lloc de baixa tensió respecte el terra. **T** és neutre connectat al terra, **I** és neutre aïllat del terra o connectat a terra a través d'una impedància de valor elevat.
 - La segona lletra indica la forma de connectar a terra les masses de la instal·lació de baixa tensió. **T** masses connectades a terra directament, **N** masses connectades a terra a través del neutre del transformador.
- Un dispositiu de protecció ha d'interrompre automàticament l'alimentació del circuit davant contactes indirectes, en cas d'un defecte d'aïllament. El dispositiu ha de provocar la desconexió automàtica de l'alimentació en un temps inferior al temps màxim de seguretat segons la tensió de contacte.

3. Característiques generals de l'aparellatge de protecció contra sobreintensitats de baixa tensió.

En aquest capítol s'explicarà:

- 3.1 Normativa i camp d'aplicació
- 3.2 Tipus de dispositiu
- 3.3 Valors assignats i valors límit del circuit principal
- 3.4 Circuits de comandament
- 3.5 Circuits auxiliars
- 3.6 Relés i disparadors
- 3.7 Condicions de servei
- 3.8 Requisits de funcionament.

Per a consultar les categories de treball i els tipus de borns consultar l'annex 1.

3.1 Normativa i camp d'aplicació

Tot l'aparellatge de protecció elèctrica en baixa tensió es basa en una norma fonamental, que és la **UNE-EN 60947-1** [1].

Tot i així, aquesta norma no és suficient per a estudiar i caracteritzar tot l'aparellatge de protecció existent. És per això que també es farà referència a la norma **UNE-EN 60898** [2] per als interruptors automàtics per a instal·lacions domèstiques, la **UNE-EN 61009** [4] i la **UNE-EN 60269-1** [5]

S'estudiarà l'aparellatge destinat a instal·lacions amb una tensió aplicada de fins a **1000V** en corrent altern o **1500V** en corrent continu.

3.2 Tipus de dispositiu

El tipus de dispositiu ve definit per la seva naturalesa, el seu nombre de pols, la naturalesa del corrent, el medi de tall i les condicions de funcionament.

3.2.1 Naturalesa d'un dispositiu

Un dispositiu pot ser de **connexió** (interruptors automàtics, interruptors, seccionadors, fusibles i descarregadors) o de **comandament**. Els dispositius de connexió són aquells que en conjunció amb dispositius de comandament, mesura, protecció i regulació associats estan destinats a ser utilitzats en el camp de la producció, transport, distribució i transformació de l'energia elèctrica.

Un dispositiu de connexió és aquell destinat a establir, interrompre, o a efectuar ambdues funcions, el corrent d'un o varis circuits elèctrics.

Poden ser:

- Dispositius **mecànics**, quan és un dispositiu de connexió destinat a tancar o obrir un o varis circuits elèctrics mitjançant contactes separables com:
 - Interruptors automàtics.
 - Seccionadors.
 - Interruptors, seccionadors, interruptors seccionadors i combinats fusibles.
 - Contactors i arrencadors de motor mecànics.
- Per **semiconductors**, o dispositius de connexió destinats a establir, interrompre o ambdues funcions, el corrent d'un circuit elèctric mitjançant el control de la conductivitat del semiconductor.
- **Fusibles**, o dispositius la funció dels quals és obrir, per la fusió d'un o més elements concebuts i calibrats a tal efecte, el circuit en que està inserit, tallant la corrent quan aquesta sobrepassa durant un temps suficient un valor donat. El fusible compren totes les parts que constitueixen el dispositiu complet.
- **Descarregador**, o dispositiu dissenyat per a protegir els dispositius elèctrics davant sobretensions transitòries elevades i per a limitar-ne la seva duració i, habitualment, l'amplitud del corrent subsegüent.

Els dispositius mecànics de connexió estan compostats per:

- Un **circuit principal**, és el conjunt de peces conductores d'un dispositiu de connexió introduïdes en el circuit que tenen la funció de tancar-lo o obrir-lo.
- **Pol o pols**, és la part d'un dispositiu de connexió associada exclusivament a un camí conductor separat elèctricament del circuit principal, proveït de contactes destinats a tancar i obrir el propi circuit principal i excloent a aquells elements integrants que assegurin la fixació i el funcionament del conjunt de tots els pols.

Un pol és un pol protegit quan està proveït d'un disparador que acciona, amb o sense retard, un interruptor automàtic quan el corrent que passa per aquest sobrepassa un valor predeterminat.

Un pol és un pol no protegit quan no es disposa de disparador de màxima, encara que exceptuant aquesta característica, generalment ofereix les mateixes prestacions que un pol protegit del mateix interruptor automàtic; en cas contrari ha de estar indicat pel fabricant.

Un tipus de pol no protegit és el pol seccionador de neutre, que és un pol previst únicament per a tallar el neutre però no previst per a un poder de tall.

- **Circuit de comandament**, és el conjunt de peces conductores diferents de les del circuit principal d'un dispositiu de connexió, introduïdes en un circuit utilitzat per comandar la maniobra de tancament o obertura o ambdues del dispositiu.
- **Circuit auxiliar**, és el conjunt de peces conductores d'un dispositiu de connexió destinades a ser introduïdes en un circuit diferent al circuit principal i del circuit de comandament del dispositiu que, en ocasions responen a funcions suplementàries, com la senyalització, l'enclavament, etc.
- **Element de comandament**, és la part del sistema de comandament al que s'aplica una força exterior de maniobra. Poden tenir la forma d'una empunyadura, d'un botó, un pulsador, una roda, un èmbol, etc.
- **Mecanisme transmissor**, és el conjunt de mitjans de maniobra que un dispositiu mecànic de connexió que transmet l'esforç de maniobra a les peces de contacte. Els mitjans de maniobra d'un mecanisme de comandament poden ser mecànics, electromagnètics, hidràulics, neumàtics, tèrmics, etc.
- **Interruptor auxiliar d'un dispositiu de connexió**, és un interruptor que conté un o més contactes auxiliars o de comandament, accionats mecànicament mitjançant un dispositiu de connexió.
- **Contactes**, són les peces conductores destinades a establir la continuïtat d'un circuit quan es toquen i que, pel seu moviment relatiu durant la maniobra obren o tanquen el circuit o, com és el cas de contactes pivotants o lliscants, mantenen la continuïtat del circuit.
- **Interruptor auxiliar**, és un interruptor que conté un o més contactes auxiliars o de comandament, accionats mecànicament mitjançant un dispositiu de connexió.
- **Bloc de connexió**, és la part aïllant que porta un o varis conjunts de borns aïllats entre ells i prevista per a estar fixada en un suport.
- **Born**, és la part conductora d'un dispositiu prevista per a la connexió elèctrica amb circuits exteriors.

Un dispositiu de comandament és aquell que en conjunció amb aparells de connexió, de mesura, protecció i regulació està destinat al comandament dels dispositius que utilitzen

energia elèctrica.

Els aparells de comandament poden ser:

- **Dispositius per a circuits de comandament**, és un dispositiu elèctric destinat al comandament, la senyalització, l'enclavament, etc; de l'aparellatge.
- **Auxiliar de comandament**: és un dispositiu mecànic de connexió la funció del qual és manar la maniobra de l'aparellatge, inclosa la senyalització, l'enclavament, etc.

Poden ser:

- **Botons polsadors**, que és un auxiliar de comandament proveït d'un element de comandament destinat a ser accionat per la força exercida per una part del cos humà, generalment amb la mà, i que té una energia de retorn acumulada (un molla).
- **Auxiliar automàtic de comandament o no manual**, accionat com a conseqüència de condicions especificades d'una magnitud d'acció que pot ser la pressió, la temperatura, la velocitat, el nivell d'un líquid, el temps, etc.

3.2.2 Número de pols

Un dispositiu de connexió s'anomena **unipolar** quan té un sol pol; si té més d'un s'anomena multipolar (**bipolar**, **tripolar**, **tetrapolar**) a condició que els pols estiguin o puguin ser acoblats entre si de manera que funcionin simultàniament, és a dir, que efectuïn un tal **omnipolar**.

3.2.3 Naturalesa del corrent

El corrent podrà ser altern fins a **1000V** amb una freqüència de **50** o **60Hz**, o continu fins a **1500V**.

3.2.4 Mitjà de tall

El tall es pot efectuar:

- **A l'aire**, quan tots els contactes s'obren i es tanquen a l'aire a una pressió pràcticament igual a l'atmosfèrica.
- **Al buit**, quan tots els contactes s'obren i es tanquen dintre d'un recinte on existeix un buit elevat.
- **En un gas**, quan tots els contactes s'obren i es tanquen en un gas diferent de l'aire a una pressió igual o superior a la pressió atmosfèrica.
- **En oli**.

3.2.5 Condicions de funcionament

En aquest apartat s'expliquen els **modos de maniobra i comandament**, l'**aptitud per el seccionament** i les **possibilitats de manteniment**. Per a consultar els tipus de disseny consultar l'**annex 1**.

3.2.5.1 Modes de maniobra i comandament

La maniobra d'un dispositiu de connexió és el pas d'uns contactes mòbils d'una posició a una altre adjacent (**d'obert a tancat** i a la inversa) . Per això ha de disposar d'un **element de comandament** i d'un **mecanisme transmissor** que efectui una carrera o desplaçament de translació o rotació d'un punt d'un element mòbil, mitjançant un esforç aplicat a un element necessari per a la realització de la maniobra (**esforç de comandament**) o per a tornar un element de comandament o un element de contacte a la seva posició inicial o de repòs (**esforç de retorn**).

Les maniobres es comptabilitzen per **cicles** o successió de maniobres d'una posició a l'altre amb retorn a la posició inicial passant per totes les altres posicions i s'estructuraran segons seqüències o successions de maniobres especificades efectuades a intervals de temps especificats.

Les maniobres poden ser de diferents tipus:

- Segons la funció:
 - **Maniobra de tancament**, és la maniobra mitjançant la qual es fa passar al dispositiu de la posició oberta a la **posició tancada**, és a dir a la posició en la que està assegurada la continuïtat predeterminada del circuit principal del dispositiu. Si es refereix específicament a la maniobra elèctrica, la maniobra de tancament serà d'establiment.

- **Maniobra d'obertura**, és la maniobra mitjançant la qual es fa passar el dispositiu de la posició tancada a la **posició oberta**, és a dir a la posició en la que les prescripcions predeterminades de tensió de rigidesa dielèctrica entre contactes oberts estan assegurades en el circuit principal del dispositiu. Si es refereix específicament a la maniobra elèctrica, la maniobra d'obertura serà de **tall**.
- **Maniobra de desconexió**, és la maniobra d'obertura d'un dispositiu mecànic de connexió iniciada per un relé o un disparador.
- Segons el mode de comandament:
 - **Manual**, si el comandament d'una maniobra és efectuada per intervenció humana.
 - **Automàtic**, si el comandament d'una maniobra, efectuada sense intervenció humana, és efectuada quan es produeixen les condicions predeterminades.
- Segons la font d'energia que efectua la maniobra y la seva forma (velocitat i força d'actuació):
 - **Maniobra manual dependent**, és la maniobra efectuada exclusivament mitjançant energia manual directament aplicada, de manera que la velocitat i la força de la maniobra depenen de l'acció de l'operador.
 - **Maniobra manual independent**, es tracta de la maniobra amb acumulació d'energia la qual prové de l'energia manual acumulada i és alliberada en una única maniobra continua, de manera que la velocitat i la força de la maniobra són independents de l'acció del operador.
 - **Maniobra manual semi independent**, que és la maniobra efectuada exclusivament mitjançant una energia manual directament aplicada, de tal manera que la força manual s'augmenti fins a un valor límit en el qual s'efectua la maniobra independent de commutació, menys si és retardada intencionalment per l'operador.
 - **Maniobra dependent amb font d'energia exterior**, o maniobra efectuada mitjançant una energia diferent de la manual i que acaba quan la continuïtat de l'alimentació de l'energia (solenoides, motors elèctrics, etc).
 - **Maniobra independent amb font d'energia exterior**, és la maniobra d'acumulació d'energia en la qual l'energia prové d'una font d'energia exterior i és alliberada en una sola maniobra continua, de manera que la velocitat i la força de la maniobra són independents de l'acció de l'operador.

- **Maniobra amb acumulació d'energia**, és a dir, maniobra efectuada mitjançant l'energia acumulada en el propi mecanisme abans de la finalització de la maniobra i suficient per a completar la maniobra en condicions predeterminades.

La maniobra amb acumulació d'energia es pot subdividir segons:

- El mètode d'acumulació d'energia (molles, pesos, etc)
- L'origen de l'energia (manual, elèctrica, etc)
- El mètode d'alliberació de l'energia (manual, elèctric, etc)

Per una altra banda, el comandament es diferencia

- **Segons el punt d'aplicació:**
 - **Directe**, que és el comandament d'una maniobra efectuada des d'un punt situat sobre el dispositiu de connexió comandat o en la seva proximitat immediata.
 - **A distància**, o telecomandament, quan el comandament de la maniobra s'efectua des d'un punt allunyat del dispositiu de connexió comandat.
- **Segons el tipus d'energia utilitzada:**
 - Energia **elèctrica**.
 - Energia **mecànica**.
 - Energia **neumàtica**.

3.2.5.2 Aptitud per al seccionament

Es denomina funció de seccionament a la funció destinada a assegurar la posta fora de tensió de tota o una part d'una instal·lació, per raons de seguretat, separant tota la instal·lació o una part de la mateixa de tota font d'energia elèctrica.

Si s'efectua mitjançant un interruptor automàtic, aquest haurà de disposar d'un dispositiu que indiqui la posició dels contactes i admetre l'enclavament en la posició d'obert.

La funció de seccionament, acompanyada de l'enclavament és de vital importància quan s'ha de treballar sense tensió en les instal·lacions elèctriques, ja que evita la posta en tensió accidental de les instal·lacions en les que s'està treballant. Un dispositiu d'enclavament és aquell que condiciona la possibilitat de funcionament d'un aparell de connexió (per exemple un cademat).

La distància de seccionament d'un pol d'un dispositiu mecànic de connexió és la distància d'aïllament entre contactes oberts que compleix els requisits de seguretat que concerneixen

als seccionadors.

En funció d'aquestes característiques, els dispositius poden ser:

- Aptes per al seccionament.
- No aptes per el seccionament.



Figura 17. Símbol de la funció de seccionament.

3.2.5.3 Possibilitats de manteniment

Els dispositius estan dissenyats:

- Per a tenir manteniment.
- Per a no tenir manteniment.

3.3 Valors assignats i valors límit del circuit principal

Els valors de les magnituds característiques s'enquadren en les següents definicions generals:

- **Valor nominal**, és el valor aproximat d'una magnitud utilitzat per denominar o identificar un component, un dispositiu o un material.
- **Valor límit**, és el major o menor valor admissible d'una magnitud.
- **Valor assignat**, és el valor d'una magnitud afixat, generalment per un fabricant, per a un funcionament especificat d'un component, d'un dispositiu o d'un material.

3.3.1 Tensions assignades

Un dispositiu està definit per les següents tensions assignades:

- **Tensió aplicada** per a un dispositiu de connexió, és la tensió que existeix entre els borns d'un pol d'un aparell de connexió immediatament abans de l'establiment del corrent. Per a un aparell multipolar és la tensió entre fases entre els borns d'alimentació de l'aparell.
- **Tensió de treball**, és el valor eficaç més elevat de la tensió en corrent altern o és el valor més elevat de la tensió en corrent continu que pot aparèixer quan el dispositiu està alimentat a la tensió assignada.
- **Tensió assignada de treball (U_e)**, és el valor de la tensió que, combinat amb el d'una intensitat assignada de treball determina l'ús del dispositiu. Per a un material unipolar s'expressa generalment per la tensió a través del pol i per un dispositiu multipolar per la tensió entre fases.

- **Tensió assignada d'aïllament (U_i)**, és el valor de tensió al que es fa referència en els assaigs dielèctrics i per a les línies de fuga.

En ningun cas, el valor més elevat de la tensió assignada de treball pot excedir a la tensió assignada d'aïllament i, si aquesta no estigués especificada, es considera com a tensió assignada d'aïllament el valor més alt de la tensió assignada de treball.

- **Tensió assignada suportada al impuls (U_{imp})**, és el valor de cresta que d'una tensió de xoc, de forma i de polaritat prescrites, que és capaç de suportar el dispositiu sense fallar, en condicions d'assaig, i al qual es fa referència per als valors de les distàncies d'aïllament.

La tensió assignada suportada al impuls d'un material ha de ser igual o superior als valors fixats de les sobretensions transitòries que apareixen en els circuits on està situat el dispositiu.

- **Tensió de restabliment**, és la tensió que apareix entre els borns d'un pol d'un dispositiu de connexió o d'un fusible, després de la interrupció del corrent.
- **Tensió de restabliment a freqüència industrial**, és la tensió de restabliment després de la desaparició dels fenòmens transitoris de tensió, com s'observa a la Figura 15.
- **Tensió de restabliment en corrent continu en règim permanent**, és la tensió de restabliment en un circuit de corrent continu després de la desaparició dels fenòmens transitoris de tensió, expressada per el seu valor mig si hi ha ondulacions, com es pot observar a la Figura 16. Oscil·lograma de la sobretensió generada en l'obertura d'un circuit de corrent continu després que la intensitat arribi al seu valor màxim [3].

- **Tensió d'arc**, és el valor màxim instantània de tensió que, en condicions prescrites, apareix entre els borns d'un pol d'un dispositiu de connexió durant la duració de l'arc.
- **Sobretensió de funcionament**, és la sobretensió intencionada y necessària per al funcionament d'un dispositiu, per exemple per a encendre una làmpada de descàrrega.

3.3.2 Intensitats assignades

Un dispositiu ve definit per les següents intensitats:

- **Intensitat assignada de treball (I_e)**, és la que defineix el fabricant per a un dispositiu tenint en compte la tensió assignada de treball, la freqüència assignada, el servei assignat, la categoria d'ús i el tipus d'embolcall de protecció.
- **Intensitat assignada ininterrompuda (I_u)**, és el valor de la intensitat, fixat per el fabricant, que el material pot suportar en servei ininterromput.
- **Intensitat tèrmica convencional a l'aire lliure (I_{th})**, és la intensitat màxima que pot suportar sense l'aparició d'escalfament, per sobre dels límits establerts, durant un servei continuat de vuit hores; i ha de ser com a mínim igual al valor màxim de la intensitat assignada de treball del dispositiu sense embolcall en servei continu (de vuit hores).

Per aire lliure s'entén el que existeix en les condicions normals a l'interior, exempt de pols i de radiacions externes a nivells raonables.

- **Intensitat tèrmica convencional sota embolcall (I_{the})**, que ha de ser com a mínim igual al valor màxim de la intensitat assignada de treball del dispositiu sota l'embolcall per a servei continu (de vuit hores).

Si el dispositiu està destinat a ser utilitzat en embolcalls no especificats, el fabricant ha de subministrar el valor de la I_{the} o el factor de correcció.

- **Corrent assignada (I_n)**, es defineix com la norma del dispositiu corresponent, tot i que es pugui considerar com el valor del corrent que el dispositiu pot suportar, de manera continuada en condicions determinades, sense deteriorar-se.
- **Intensitat prevista** d'un circuit respecte un dispositiu de connexió, és la intensitat del corrent que circularia en el circuit si cada pol del dispositiu de connexió o del fusible fos substituït per un conductor d'impedància menyspreable.
- **Intensitat establerta prevista** per a un pol d'un dispositiu de connexió o un fusible, és la intensitat prevista quan és establerta en condicions especificades.
- **Intensitat tallada prevista** per a un pol d'un dispositiu de connexió o un fusible, és la intensitat prevista avaluada en l'instant que correspon al principi del fenomen de tall.

- **Intensitat tallada** d'un dispositiu de connexió o un fusible, és la intensitat en un pol d'un dispositiu de connexió o un fusible en l'instant del inici de l'arc durant el procés de tall que, en corrent altern s'expressa per el valor eficaç simètric de la component alterna.

La intensitat tallada s'expressa mitjançant la característica temps-intensitat, que és la corba que dona el temps, per exemple de la duració del prearc d'un fusible o del temps de funcionament (temps de prearc més temps d'arc), en funció de la corrent prevista en determinades condicions de funcionament.

3.3.3 Freqüència assignada

És la freqüència d'alimentació per a la qual s'estableix un dispositiu y a la qual corresponen els altres valors característics, podent un mateix dispositiu tenir varies freqüències assignades o ser utilitzable al mateix temps per a corrent altern i corrent continu.

3.3.4 Serveis assignats

Els serveis assignats considerats normals són els següents:

- **Servei continu** o de vuit hores, servei en el qual els contactes principals d'un dispositiu es mantenen tancats, sent recorreguts per una intensitat constant durant un temps suficientment llarg per a que arribin a un equilibri tèrmic però que no excedeixi de vuit hores sense interrupció, és a dir, sense tall de la intensitat per maniobra del material.

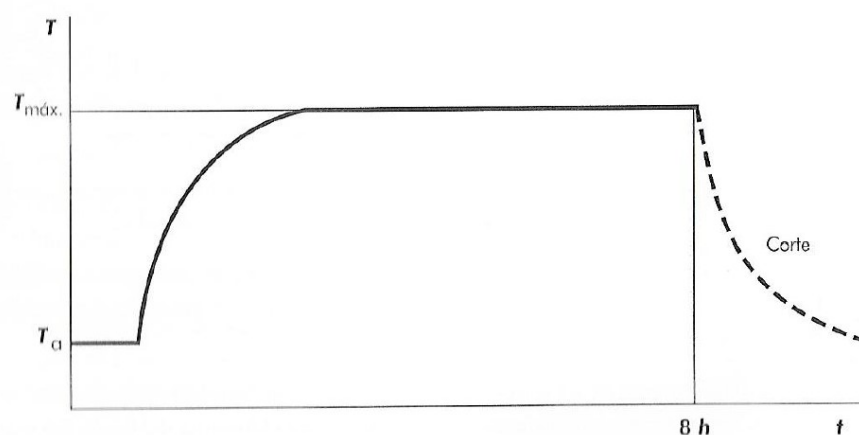


Figura 18. Corba temperatura-temps per a un servei continu [3].

- **Servei ininterromput**, que és un servei sense interval de descans en el qual els contactes principals d'un dispositiu es mantenen tancats sense interrupció, sent recorreguts per una intensitat constant, durant els períodes superiors a vuit hores (setmanes, mesos, anys), durant els quals l'òxid i la pols poden acumular-se en els contactes i provocar un escalfament progressiu.

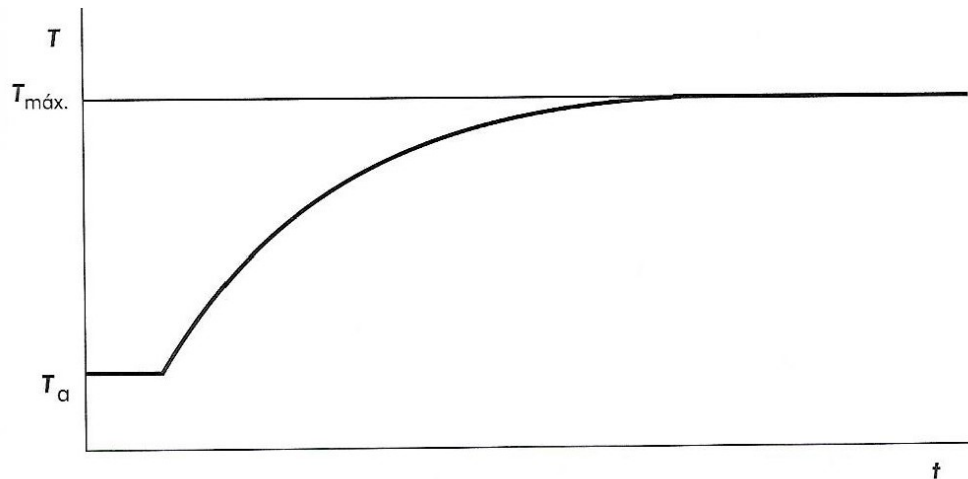


Figura 19. Corba temperatura-temps per a un servei ininterromput [3].

- **Servei intermitent**, és un servei amb temps de funcionament en càrrega durant els quals els contactes principals d'un dispositiu es mantenen tancats, i la seva relació amb els temps de càrrega està definida, sent cada un d'aquests temps massa curt per a permetre que el dispositiu arribi a un equilibri tèrmic.

Segons el número de cicles de maniobra que han de poder efectuar per hora, els dispositius es divideixen en les classes següents:

Classe	Cicles de maniobra per hora (c.m.p.h)
1	1
3	3
12	12
30	30
120	120
300	300
1200	1200
3000	3000
12000	12000
30000	30000
120000	120000

Taula 3. Classes de dispositius segons el seu cicle de maniobra [2].

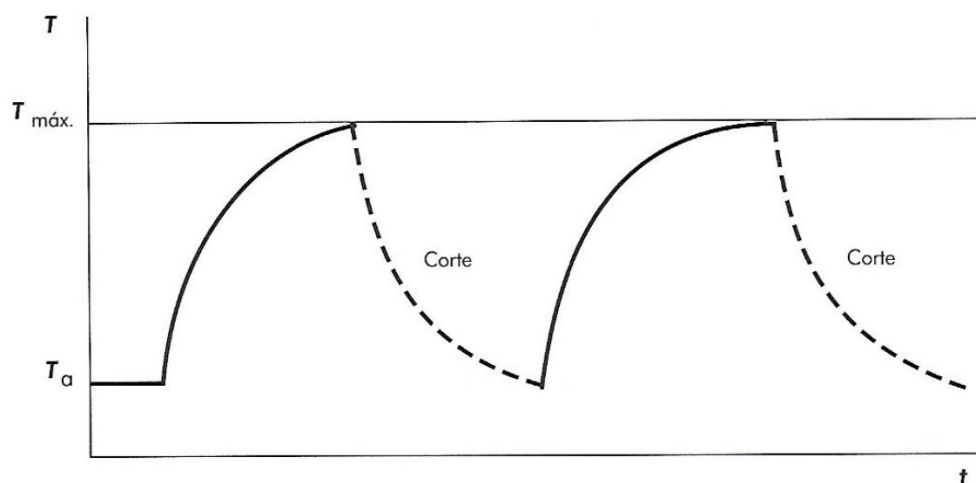


Figura 20. Corba temperatura-temps per a un servei intermitent [3].

- **Servei temporal**, és el servei en el qual els contactes principal d'un dispositiu es mantenen tancats durant períodes que no són suficientment llargs per a permetre al dispositiu arribar a l'equilibri tèrmic, estant separats els períodes de funcionament en càrrega per períodes sense càrrega de valor suficient per a restablir la igualtat de temperatura amb la del medi refrigerant.

Els valors normalitzats de servei temporal són **3 min, 10 min, 30 min, 60 min i 90 min** amb els contactes tancats.

- **Servei periòdic**, és el servei en el qual el funcionament en càrrega constant o variable és periòdic.

3.3.5 Característiques en condicions normals de càrrega i de sobrecàrrega

Els requisits generals referents a les característiques assignades per a condicions normals de càrrega i de sobrecàrrega són:

- **Capacitat de suportar intensitats de sobrecàrrega ocasionals per l'arrencada dels motors.** Els dispositius destinats a connectar motors suporten les sol·licitacions tèrmiques ocasionades per l'arrencada i l'acceleració d'un motor a la seva velocitat normal i sota sobrecàrregues de funcionament.
- **Poder de tancament** d'un aparell de connexió, és el valor de la intensitat prevista de tancament que és capaç d'establir un dispositiu de connexió sota una tensió donada i les condicions prescrites per el treball i el funcionament.

Poder assignat de tancament, és el valor d'intensitat, fixat pel fabricant, que el material pot establir de manera satisfactòria en condicions de tancament especificades.

- **Poder de tall** d'un dispositiu de connexió o d'un fusible, és el valor de la intensitat prevista de tall que un dispositiu de connexió o un fusible és capaç d'interrompre sota la tensió donada i en les condicions prescrites de treball i funcionament.

Poder assignat de tall, és un valor d'intensitat, fixat pel fabricant, que el dispositiu pot tallar de manera satisfactòria, en funció de la tensió assignada de treball i de la intensitat assignada de treball, d'acord amb la norma corresponent. En corrent altern, el poder assignat de tall s'expressa per el valor eficaç de la component simètrica de la intensitat.

3.3.6 Característiques de curtcircuit

Les magnituds característiques assignades en condicions de curtcircuit són:

- El **poder de tancament en curtcircuit**, és el poder de tancament per al qual les condicions prescrites inclouen un curtcircuit en borns del dispositiu de connexió i el **poder assignat de tancament en curtcircuit (I_{cm})** d'un dispositiu és el valor de poder de tancament en curtcircuit assignat al dispositiu pel fabricant, a la tensió assignada de treball, a la freqüència assignada de treball i per un factor de potència específic per a corrent altern o una constant de temps especificada per a corrent

continu. S'expressa pel valor de cresta màxim de la intensitat prevista en condicions prescrites.

- **Poder de tall en curtcircuit**, és el poder de tall per al qual les condicions prescrites inclouen un curtcircuit en borns del dispositiu de connexió i el **poder assignat de tall en curtcircuit (I_{cn})** és el valor del poder de tall en curtcircuit assignat al dispositiu pel fabricant, a la tensió assignada de treball, a la freqüència assignada i per a un factor de potència especificat per a corrent altern o una constant de temps especificada per a corrent continu. S'expressa pel valor de cresta màxim de la intensitat prevista (valor eficaç de la component periòdica en el cas de corrent altern) en condicions prescrites.
- **Intensitat assignada de curta duració admissible (I_{cw})**, és el valor de intensitat que un dispositiu pot suportar sense danys, en la posició de tancat, durant un curt interval de temps (el retard de curta duració).
- **Intensitat assignada de curtcircuit condicional**, és el valor d'intensitat prevista, fixada pel fabricant, que aquell dispositiu, protegit per un dispositiu de protecció davant curtcircuits, pot suportar de manera satisfactòria durant el temps de funcionament d'aquell dispositiu. El fabricant ha d'indicar les característiques del dispositiu de protecció davant curtcircuits.

3.3.7 Temps

Els temps definits són els següents:

- **Temps d'obertura** d'un dispositiu mecànic de connexió és l'interval de temps entre l'instant especificat d'inici de la maniobra d'obertura, és a dir, de l'emissió de l'ordre d'obertura, per exemple l'alimentació d'un disparador, i l'instant de la separació dels contactes d'arc en tots els pols.
- **Temps d'arc d'un pol o un fusible** és l'interval de temps entre l'instant d'inici de l'arc sobre un pol o sobre un fusible i l'instant de l'extinció final de l'arc en el pol o en el fusible.
- **Temps d'arc d'un dispositiu de connexió multipolar**, és l'interval de temps entre l'instant d'inici del primer arc i l'instant de la extinció final de l'arc de tots els pols.
- **Temps de tall**, és l'interval de temps entre l'inici del temps d'obertura d'un dispositiu mecànic de connexió, o de l'inici del temps de prearc en un fusible, i el final del temps de l'arc.
- **Temps d'establiment**, és l'interval de temps entre l'inici de la maniobra de tancament i l'instant en que el corrent comença a circular en el circuit principal.

- **Temps de tancament**, és l'interval de temps entre l'inici de la maniobra de tancament i l'instant en que tots el contactes es toquen en tots els pols.
- **Temps d'establiment-tall**, és l'interval de temps des de l'instant en què la intensitat comença a circular en un pol i fins l'instant de l'extinció final dels arcs en tots els pols, estan el disparador alimentat en l'instant en què la intensitat comença a circular pel circuit principal.
- **Retard de curda duració**, és tot retard intencionat de maniobra que no excedeixi dels límits de la intensitat assignada de curta duració admissible, amb el fi d'assegurar la selectivitat.

3.4 Circuits de comandament

Les característiques dels circuits elèctric de comandament s'expressen per:

- La naturalesa del corrent.
- La freqüència assignada en el cas de corrent altern.
- La tensió assignada dels circuits de comandament U_c que és la tensió que apareix entre els contactes "a" en el circuit de comandament.
- La tensió assignada d'alimentació de comandament U_s , que és la tensió aplicada en els born d'entrada dels circuits de comandament del dispositiu i que pot ser diferent de la tensió dels circuits de comandament en raó de la presència de aparells incorporats tals com transformadors, rectificadors, resistències, etc.

Els valors assignats i les característiques dels aparells per a circuits de comandaments han de complir les prescripcions de la Norma **UNE-EN 60947-5-1** [3, 6]

3.5 Circuits auxiliars

Les característiques dels circuits auxiliars són el número i la naturalesa dels contactes (contacte "a", contacte "b", etc) de cadascun dels circuits i les seves característiques assignades, segons la norma **UNE-EN 60947-5-1** [3, 6].

3.6 Relés i disparadors

3.6.1 Definicions

Relé elèctric, segons la **UNE-EN 60947-1** [1], és un dispositiu dissenyat per a produir modificacions sobtades i predeterminades en un o varis circuits elèctric de sortida, quan es compleixen certes condicions en els circuits elèctrics d'entrada controladors del dispositiu.

Relé de protecció, és un relé elèctric de mesura que constitueix, ell sol o en combinació amb altres relés elèctrics, un dispositiu de protecció, és a dir, un dispositiu amb la funció de detectar situacions anormals en un sistema elèctric de potència amb la finalitat d'ordenar l'eliminació de faltes o elaborar ordres o indicacions.

Disparador d'un aparell mecànic de connexió és un dispositiu unit mecànicament a un dispositiu mecànic de connexió que allibera els elements de retenció i provoca l'obertura o el tancament de l'aparell.

Intensitat d'ajust, és el valor de la intensitat del circuit principal al qual es refereixen les característiques de funcionament i per al qual està ajustat el relé o disparador.

Camp de la intensitat de regulació d'un relé o d'un disparador de màxima intensitat o de sobrecàrrega és l'espai limitat per els valors mínims i màxims entre els quals es pot escollir el valor de la intensitat d'ajust del relé o el disparador.

Intensitat convencional de no desconexió, és el valor especificat que pot suportar el relé o un disparador durant el temps convencional sense actuar.

Intensitat convencional de desconexió, és el valor especificat d'intensitat que provoca l'actuació del relé o del disparador en el temps convencional.

3.6.2 Tipus de relés

Els relés i disparadors es poden classificar segons la seva funció:

1. De sobreintensitat. És un relé o disparador que provoca l'obertura, amb o sense retard, d'un aparell mecànic de connexió, quan la intensitat en el relé o disparador sobrepassa un valor determinat.

Aquests disparadors poden ser:

- **De sobrecàrrega**, quan el relé o disparador està destinat a la protecció davant sobrecàrregues.

Només si no s'especifica el contrari, el valor de funcionament dels disparadors de sobrecàrrega diferents dels del tipus tèrmic és independent de la temperatura de l'aire en els límits de **-5°C a +40°C**; i per els disparadors de tipus tèrmic, els valors indicats corresponen a una temperatura de referència de **+30°C** amb una variabilitat de **2°C**.

El fabricant ha de poder precisar la influència de les variacions de la temperatura de l'aire ambient.

Aquests relés podran ser:

- **Relé o disparador tèrmic de sobrecàrrega**, si el relé o disparador és de temps invers, és a dir, que funciona després d'un interval de temps que varia en raó inversa al valor de la sobreintensitat i el seu funcionament, inclosa la temporització, depèn de l'acció tèrmica de la corrent que travessa el disparador.
- **Relé o disparador magnètic de sobrecàrrega**, si el funcionament del relé depèn de la força produïda per una corrent que circuli pel circuit principal i alimenti la bobina d'un electroimant. Aquest tipus de relé te normalment, també, una característica de temps invers.
- **Relé o disparador de sobrecàrrega sensible a un error de fase**, si el relé o disparador tèrmic multipolar de sobrecàrrega funciona també en cas d'error de fase.
- **De curtcircuit**, quan el relé està destinat a la protecció davant curtcircuits, és a dir, és un disparador de sobreintensitat que s'utilitza per a la protecció davant curtcircuits.

Segons com s'alimenten els disparadors de sobreintensitat poden ser:

- **Directes**, quan el disparador està alimentat directament pel corrent del circuit principal d'un aparell de connexió.
- **Indirecte**, quan el disparador està alimentat a través d'un transformador de corrent o de un *shunt* per la intensitat del circuit principal d'un aparell de connexió.
 - **Shunt**: és el disparador alimentat per una font de tensió que pot ser independent de la tensió del circuit principal.

Per al disparador *shunt* s'han de definir la tensió assignada al circuit de comandament (U_c), la naturalesa del corrent i la freqüència assignada en el cas de corrent altern.

Els disparadors de sobreintensitat es defineixen per:

- La intensitat de funcionament, que és el valor de la intensitat a partir i per sobre de la qual el relé o disparador funcionarà.
- El corrent assignat (I_n).
- La naturalesa del corrent.
- La freqüència assignada en el cas de corrent altern.
- La intensitat i el temps o camp de regulació. La intensitat de regulació ha d'estar marcada sobre el disparador o sobre la seva escala de regulació. La indicació pot donar-se directament en ampers, o en un múltiple del valor de la intensitat marcada sobre el disparador.

Per als disparadors indirectes que funcionen mitjançant un transformador d'intensitat, les indicacions poder referir-se a la intensitat del primari del transformador de corrent que els alimenta, o a la intensitat de regulació del disparador de sobrecàrrega. En ambdós casos, ha d'indicar-ne la relació de transformació de transformació del transformador d'intensitat.

2. De mínima intensitat, quan el funcionament te lloc quan la intensitat disminueix per sota del valor prèviament fixat.

3. De mínima tensió, és el relé o disparador que permet l'obertura o el tancament, amb o sense retard, d'un aparell mecànic de connexió quan la tensió en borns del relé o del disparador cau per sota d'un valor predeterminat, utilitzant-se per al control de la tensió de la xarxa o com a dispositiu de desconexió a distància tallant la seva tensió d'alimentació. També poden retardar-se per a evitar desconnexions intempestives per caigudes momentànies de tensió.

Per al disparador de mínima tensió s'han de definir la tensió assignada del circuit de comandament (U_c), la naturalesa del corrent i la freqüència assignada en el cas de corrent altern.

Un **relé d'absència de tensió**, és un tipus particular de disparador de mínima tensió per a la qual la tensió de funcionament està compresa entre el 35% i el 10% de la tensió assignada d'alimentació.

4. De corrent inversa, és un disparador en corrent continu que permet l'obertura, amb o sense retard, d'un aparell mecànic de connexió quan la corrent canvia de sentit i sobrepassa un valor predeterminat.

Els relés i disparadors també estan caracteritzats pel **temps d'activació o trip**

1. Instantani, que és el que funciona sense retard intencionat, és a dir, que entra en funcionament en el mateix instant en que la magnitud controlada sobrepassa el valor d'ajust.

2. Retardat, que és el que entra en funcionament després de cert temps de què la magnitud controlada sobrepassi el seu valor d'ajust.

El **retard**, és el temps transcorregut entre el moment en què la magnitud arriba al seu valor de funcionament, fins el moment en què el relé o el disparador acciona el dispositiu de desconnexió del material.

A la vegada els disparadors retardats de sobreintensitat poden ser:

- Amb retard independent, que és el que funciona amb un retard definit que pot ser regulable però que és independent del valor de la sobreintensitat, és a dir, que el disparador retarda la seva actuació un temps sempre igual, sigui quin sigui el valor de la sobreintensitat que es produeixi.

La regulació del temps d'actuació ha de definir-se com a igual al valor en segons de la duració de l'obertura de l'interruptor automàtic si el retard no és regulable, o als valor extrems de la duració d'obertura si el retard és regulable.

- Amb retard dependent, que són els que no tenen una temporització fixa, sinó que el retard varia amb el valor de la sobreintensitat controlada pel relé. El normal és que siguin de temps invers, que són els que funcionen després d'un interval de temps que varia en raó inversa al valor de la sobreintensitat.

Les característiques temps-intensitat han de ser en forma de corbes proporcionades pel fabricant, que han d'indicar com varia el temps d'obertura, a partir de l'estat fred, en la zona de funcionament del disparador, en funció de la intensitat.

El fabricant ha d'indicar, per mitjans adequats, les toleràncies aplicades a aquestes corbes, que ha de donar-se per a cada un dels valors extrems de la intensitat de regulació i si el temps de regulació és ajustable, es recomanable que les toleràncies es donin igualment per a cada un dels valors extrems del temps d'ajust.

- Amb retard de curta duració, és a dir, amb un retard intencionat de maniobra que no excedeixi els límits de la intensitat assignada de curta duració admissible.

3.7 Condicions de servei

3.7.1 Condicions ambientals. Contaminació.

Contaminació és tot material sòlid, líquid o gasós (gasos ionitzats) que puguin implicar una reducció de la rigidesa dielèctrica o de la resistivitat superficial.

La contaminació s'indica pels graus de contaminació que és un número convencional basat en la quantitat de pols conductora o higroscòpica, de gasos ionitzats o de sals i en la humitat relativa i la freqüència d'aparició en el micro-entorn del dispositiu.

El grau de contaminació es tradueix en absorció o condensació d'humitat que té com efecte disminuir la rigidesa dielèctrica i la resistivitat superficial referides al micro-entorn del dispositiu, és a dir, a les condicions ambientals en la proximitat immediata de les distàncies d'aïllament o de les línies de fuga considerades.

Es distingeixen quatre graus de contaminació:

- **Grau de contaminació 1:** No existeix contaminació o només una contaminació seca no conductora.
- **Grau de contaminació 2:** té lloc una presència normal solament de contaminació no conductora. Tot i així, es pot presentar ocasionalment una conductivitat temporal ocasionada per la condensació.
- **Grau de contaminació 3:** Té lloc la presència d'una contaminació conductora o de una corrent seca no conductora que es torna conductora per la condensació.
- **Grau de contaminació 4:** La contaminació provoca una conductivitat persistent i elevada. Aquesta contaminació pot estar causada, per exemple, per pols conductor, o per neu, o per pluja.

Dels graus de contaminació, si no és per prescripció contrària de la norma del dispositiu corresponent, s'assignen els següents graus de contaminació normals:

El **grau de contaminació 3** per a dispositius per a aplicacions industrials.

El **grau de contaminació 2** per a dispositius per a aplicacions domèstiques o similars.

3.7.2 Condicions atmosfèriques

Les condicions atmosfèriques considerades per a les condicions normals de servei són:

- Les temperatures:
 - **Temperatura de l'element (T)**, és la que es mesura sobre l'element de l'aparellatge en qüestió.
 - **Temperatura de l'aire ambient (T_a)**, és la temperatura de l'aire que rodeja la totalitat de l'aparell de connexió o del fusible, o la temperatura de l'aire en l'exterior de l'embolcall (aproximadament a 1 metre) si aquest existeix.
 - **Temperatura del fluid circumdant (T_e)**, és la temperatura del fluid que refreda l'element, resultat de la suma de la temperatura de l'aire ambient T_a i de l'escalfament, respecte a la temperatura ambient, del fluid circumdant si l'element està tancat; si no, $T_e = T_a$.

Si no hi ha un acord específic entre el fabricant i l'usuari, o les indicacions del dispositiu corresponent, els dispositius compleixen les següents condicions de servei:

- L'aparellatge es fabrica per a una temperatura de l'aire ambient que no sobrepassi els **40°C**, i que la seva mitjana en un període de **24 hores** no superi els **35°C**. El límit inferior és de **-5°C**.
- La temperatura de referència de l'aire ambient és la temperatura sobre la que es basen les característiques temps-corrent i queda establerta en **35°C**.
- L'**altitud**, els dispositius estan construïts per a treballar a una altura de fins a **2000 metres**. Per a instal·lacions en altituds superior, es convenient tenir en compte la disminució de la rigidesa dielèctrica i l'efecte refrigerant de l'aire. Els interruptors previstos per a tal utilització, han de ser especialment concebuts o utilitzats d'acord amb les informacions donades pel fabricant, per exemple en els catàlegs.
- La **humitat**, els dispositius es construeixen per a treballen en un ambient en el qual el grau d'humitat relativa de l'aire no sobrepassi el **50%** a la temperatura màxima de **40°C**, tot i que es puguin admetre grau d'humitat relativa més elevats a temperatures més baixes, per exemple **90% a 20°C**.

3.8 Requisits de funcionament

El material està construït per a ser maniobrat segons les instruccions del fabricant o de la norma del dispositiu corresponent, sobretot el dispositiu de maniobra manual dependent per al qual els poders de tancament i de tall poden dependre de l'habilitat de l'operador.

Menys si s'indica de manera contrària de la norma del dispositiu corresponent, el tancament dels dispositius està assegurat:

- En els dispositius **electromagnètics** per a qualsevol valor de la tensió d'alimentació de comandament entre el **85%** i el **110%** del seu valor assignat U_s , per a una temperatura de l'aire ambient compresa entre **-5°C** i **40°C**.

En quant a la desconexió:

- En els dispositius **electromagnètics**, amb tensions de desconexió compreses entre el **75%** i el **20%** de la tensió assignada d'alimentació de comandament U_s en el cas de corrent altern, a la freqüència assignada, o de valor **10%** de U_s en el cas de corrent continu.

Quan es dona un interval de funcionament, els valor de **20%** o **10%** segons el cas, s'aplica un valor superior al marge i el valor de **75%** al valor inferior del marge.

Per els relés i disparadors de mínima tensió els límits són els següents:

- El límit superior de la tensió d'alimentació ha de ser **110%** del seu valor assignat.
- Un relé o un disparador de mínima tensió associat a un aparell de desconexió provoca la obertura del dispositiu, tot i que la tensió decreixi lentament, per a un valor comprès entre el **70%** i el **35%** de la tensió assignada.
- Un relé o un disparador de mínima tensió associat a un aparell de connexió del dispositiu a una tensió per sota del **35%** de la tensió assignada, però sí ho fa amb una tensió superior o igual al **85%** del valor assignat.

Aquest valors són vàlids tan per corrent altern com per corrent continu.

Un disparador shunt provoca la desconexió sempre que la tensió d'alimentació del disparador shunt durant la maniobra de desconexió estigui compresa entre el **70%** i el **110%** de la tensió assignada d'alimentació de comandament.

El corrent de fuga màxim previsible és de **6 mA**.

4. Interruptors automàtics

4.1 Introducció

Els interruptors automàtics (IA), junt amb els fusibles (F), són dispositius reglamentaris de protecció davant sobreintensitats. Els fusibles són eficaços davant curtcircuits; els interruptors automàtics protegeixen eficaçment davant curtcircuits y sobrecàrregues.

A més, els interruptors automàtics poden realitzar altres funcions tals com la maniobra, seccionament, protecció diferencial davant contactes elèctric de les persones, etc.

Les característiques i prestacions estan normalitzades amb detall en la norma UNE corresponent. El desenvolupament d'aquests dispositius segueix dues línies diferenciades, de la mateixa manera que les seves normes corresponents, diferenciant-se segons l'àmbit d'aplicació.

- Instal·lacions domèstiques i anàlogues (Interruptors automàtics modulars).
- Instal·lacions industrials i similars (Interruptors automàtics industrials).

En la pràctica, aquesta divisió no resulta tan definida, ja que els interruptors automàtics modulars s'utilitzen també en instal·lacions del sector terciari i la indústria, tot i que amb els criteris de selecció diferents a les aplicacions domèstiques degut a les diferents condicions a l'entorn d'aplicació.

4.2 Definició

En primer lloc cal definir què és un interruptor automàtic. Tant la norma **UNE-EN 60898** [2] com la norma **UNE-EN 60947-2** [1] defineixen un interruptor automàtic com:

“Aparell mecànic de connexió capaç d'establir, suportar i interrompre corrents en les condicions normals del circuit, així com d'establir, suportar durant un temps determinat i interrompre corrents en condicions anormals especificades del circuit tals com les de curtcircuit.”

Per a complir amb aquesta funció, els interruptors automàtics són d'activació **magneto tèrmica**, això és, que disposen de **disparadors de característiques magnètiques** i de **disparadors de característiques tèrmiques**, precisant d'una força exterior que els connecti i els hi subministri energia mecànica que acumulen (mitjançant molles) per a la maniobra de desconexió.

El dispositiu tèrmic reacciona davant les sobrecàrregues que la xarxa i els receptors poden admetre durant un cert temps sense resultar perjudicats, provocant la desconexió aprofitant la deformació d'una làmina bimetàl·lica que, al corbar-se per efecte del calor produït pel corrent elèctric que travessa l'aparell, provoca l'actuació lliure del mecanisme acumulador d'energia mecànica tensat en el moment de la connexió.

Aquests relés tèrmics poden ser directes, o bé indirectes (**shunt**) alimentats per transformadors d'intensitat incorporats a l'aparell.

Els límits d'actuació venen determinats per una corba d'activació emmarcada en unes coordenades cartesianes en les que en l'eix abesses, graduat logarítmicament, es representen els valors de la intensitat nominal de l'aparell i els seus múltiples, en amperes; i en l'eix d'ordenades, el temps d'actuació corresponent, en segons amb una escala logarítmica, ja que es tracta de dispositius d'actuació a temps invers.

Les corbes logarítmiques no estan perfectament definides, sinó que s'expressen mitjançant un rang de valors, dintre del qual està garantit que s'efectuarà la desconexió.

Els dispositius magnètics es serveixen del moviment d'un nucli de ferro dintre del camp magnètic d'una bobina, proporcional al valor de la intensitat que hi circula.

Són dispositius que reaccionen davant sobreintensitat provocades pels curtcircuits, tallant-les en un temps el suficientment reduït com per a que no perjudiqui a les fonts, al circuit ni als receptors.

La **corba característica d'activació d'un dispositiu magnètic**, també expressió logarítmica de la relació intensitat-temps, és sensiblement paral·lela a l'eix d'abscisses o, amb una lleugera pendent quan, en el cas d'elevades sobreintensitats, l'interruptor aprofita per a la seva desconexió els efectes de repulsió electromagnètica entre els contactes que ve precedida, en la seva relació amb els valors d'activació tèrmica, també d'un rang de valor amb un mínim, per sota del qual l'activació serà sempre tèrmica, i un màxim, per sobre del qual l'activació serà sempre magnètica.

La unió entre les característiques tèrmica i magnètica determina una zona en la que l'activació és indistinta.

A la Figura 21 es pot observar l'estructura interna d'un interruptor automàtic magneto tèrmic.

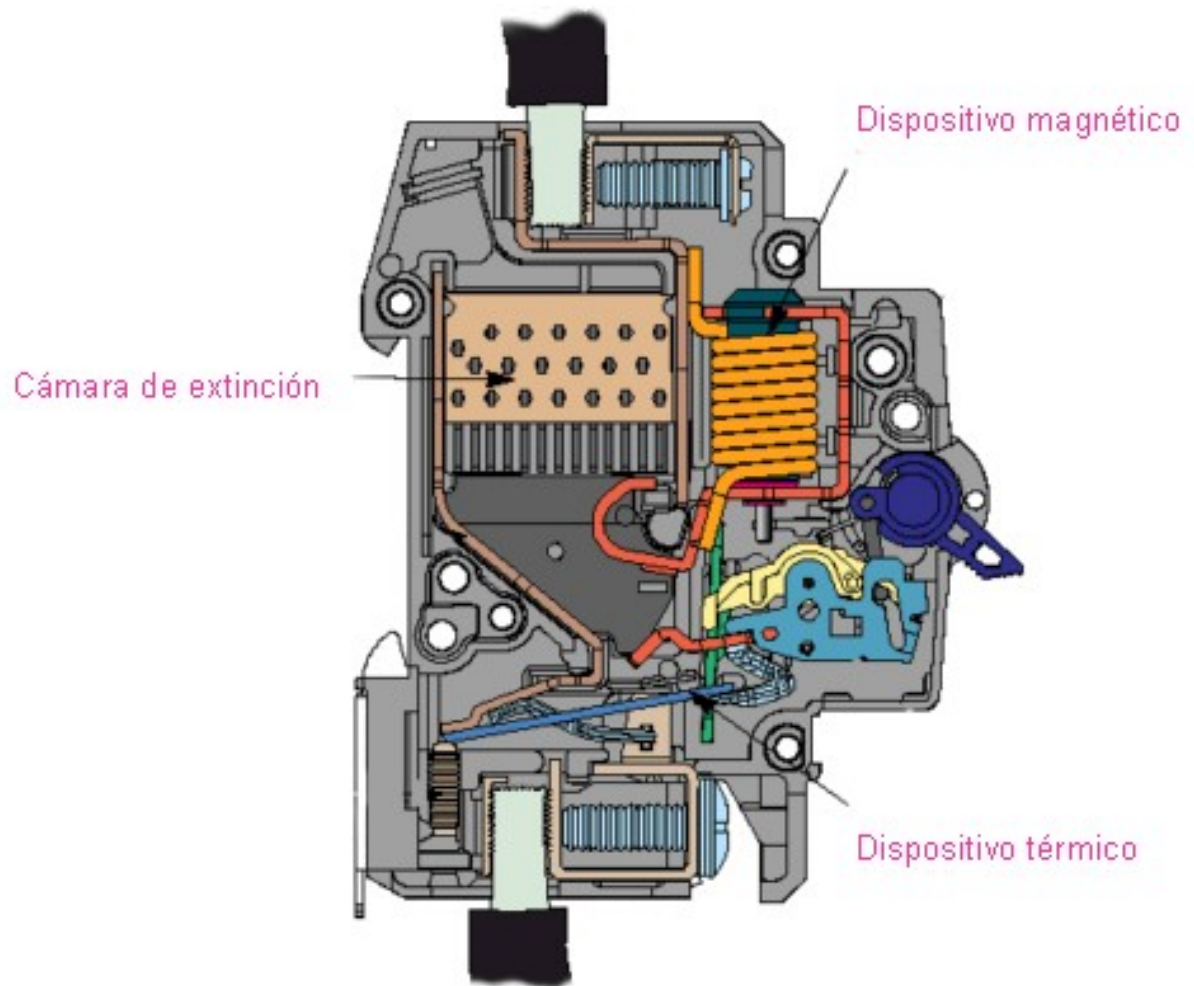


Figura 21. Estructura interna d'un interruptor automàtic [7].

En la Figura 22 s'indiquen les zones d'activació.

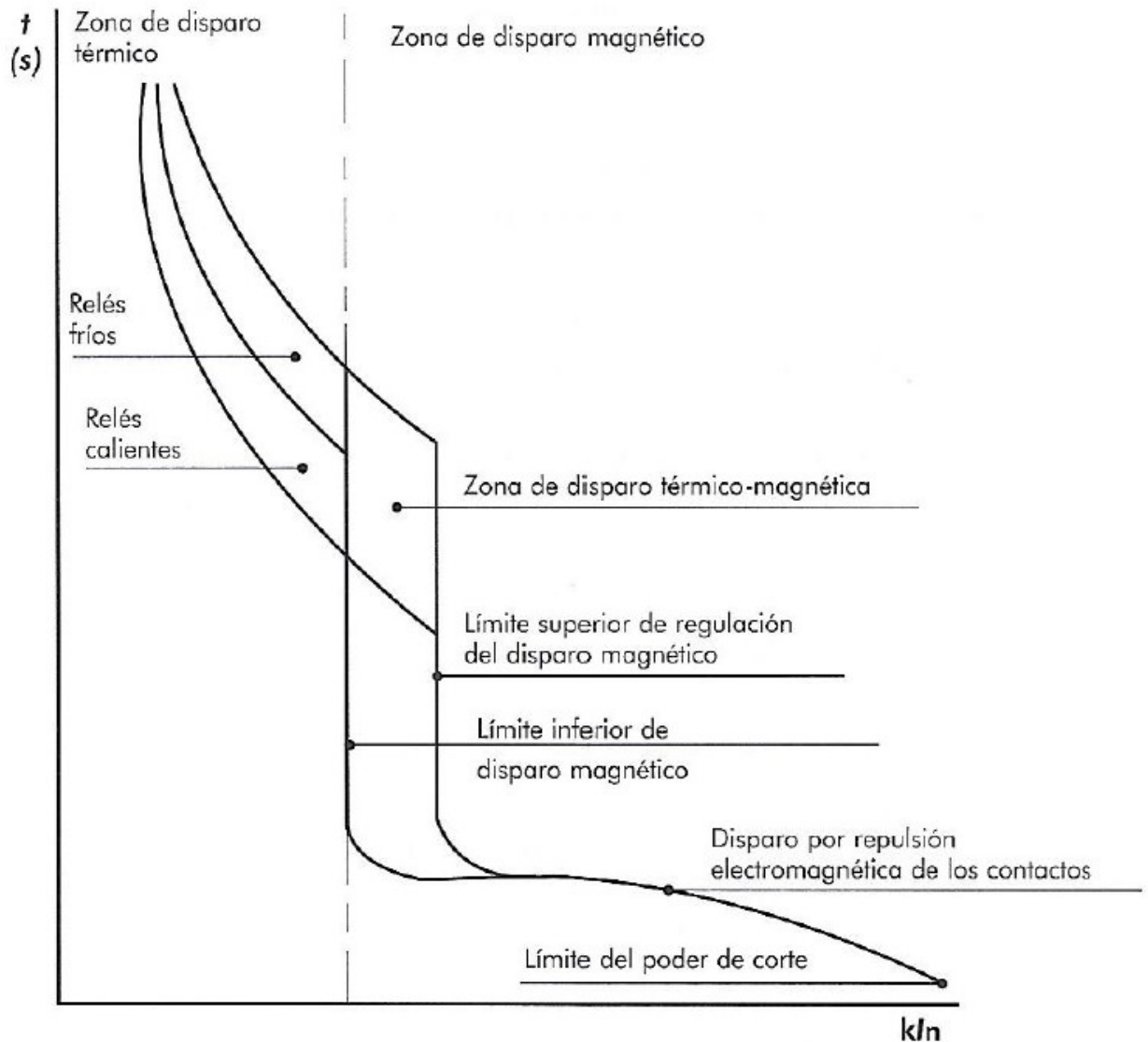


Figura 22. Corba característica temps-intensitat d'un interruptor automàtic magneto tèrmic [3].

Un cas particular i més modern en els interruptors automàtics són els interruptors automàtics electrònics. Aquest tipus d'interruptor té la particularitat que la intensitat es controlada per un circuit electrònic, que detectarà qualsevol valor inusual i que s'encarregarà de d'activar el disparador, habitualment una bobina, i provocar la desconexió de l'interruptor. Això permet un major control de la seva regulació. En el cas de la regulació tèrmica permet regular el valor de la intensitat de regulació (I_r) en valors més precisos dintre el mateix rang de valors que es tenia amb una protecció no electrònica. En quant a la regulació magnètica, aquí la particularitat resideix en què cada valor de regulació no es refereix únicament a la intensitat d'activació magnètica, sinó que en aquest cas cada valor de d'ajust representa una corba característica intensitat-temps diferent, jugant tan amb els retards, el llarg o **Long Trip (LT)**

com el curt **Short Trip (ST)**, com amb la intensitat de d'activació instantània. Aquest tipus d'interruptor pot aportar altre tipus d'avantatges, ja que és molt més personalitzable. Per exemple, pot portar incorporat un dispositiu d'anàlisi i seguiment dels diferents valors característics del circuit, protecció del neutre, desconexió per defecte a terra, etc. Habitualment s'adjunta una taula explicant la configuració de cada regulació. En la Figura 23, Figura 24, Figura 25 es poden observar les diferents corbes característiques segons la regulació i el valor de cada una de les magnituds.

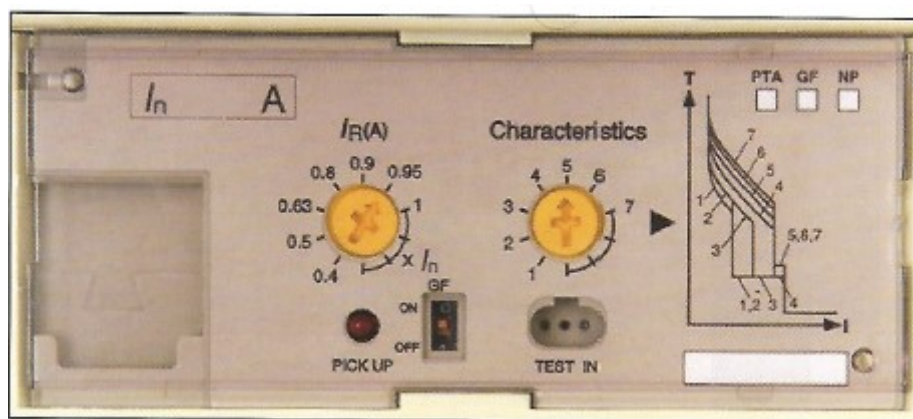


Figura 23. Dials d'ajust d'un interruptor automàtic electrònic.

I_R (A)										
LTD reg. corriente		I_R	x/I_n	0.4	0.5	0.63	0.8	0.9	0.95	1.0
Características		Nº.	1	2	3	4	5			
Estándar	LT	t_R (s)	11	21	21	5	7.5			
	ST	I_{sd}	a 200% x I_R			a 600% x I_R				
		t_{sd} (s)	2.5			5			10	
	INST	I_i	x/I_R	0.1						0.2
			14(Max: 13 x I_n) Nota (2)							

Figura 24. Taula de valors de les intensitats d'activació i dels retards aplicats per a cada regulació del dial d'ajustos d'un interruptor automàtic electrònic.

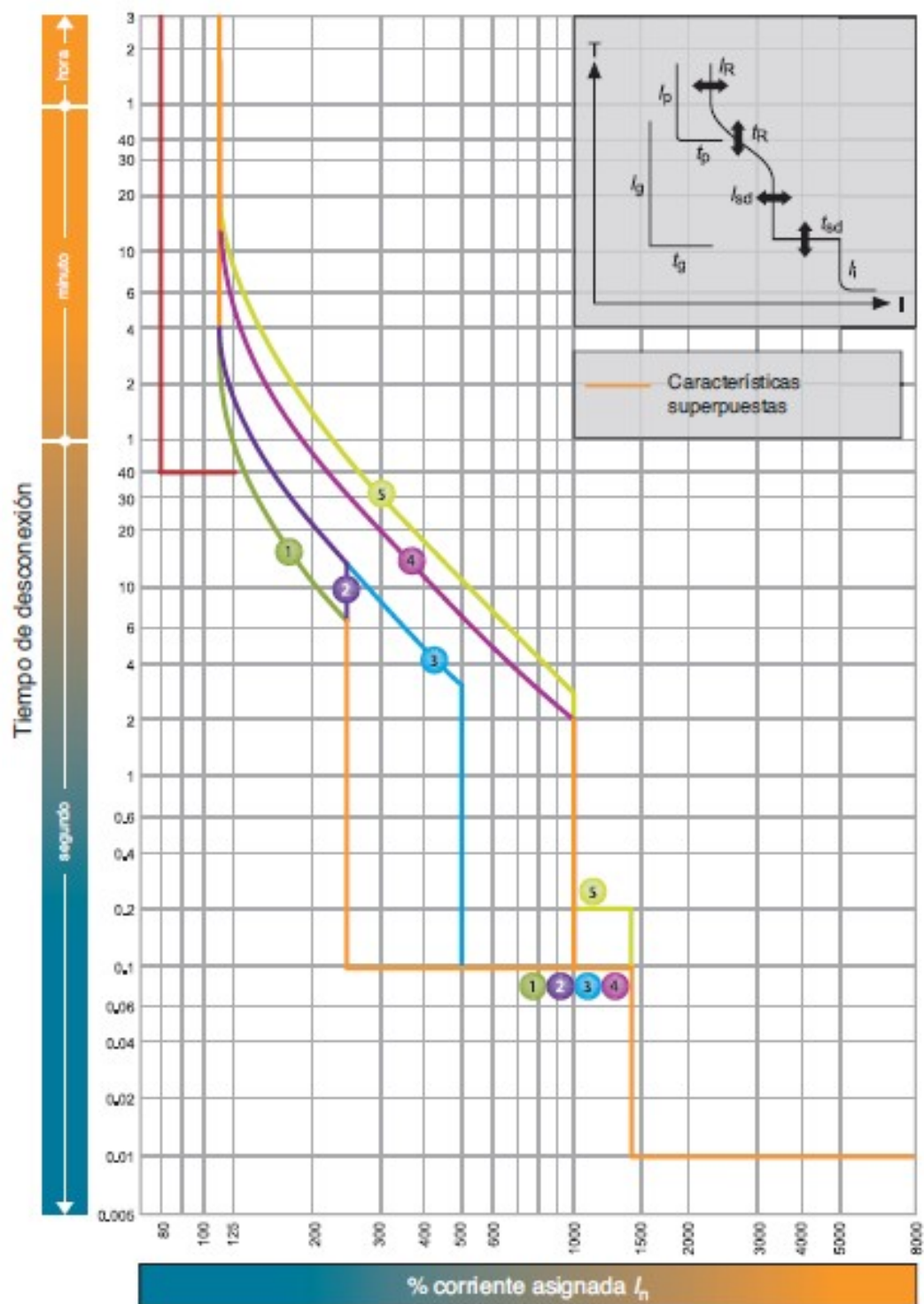


Figura 25. Corba característica d'un interruptor automàtic electrònic per a cada una de les seves regulacions del dial d'ajustos.

4.3 Simbologia

El símbol d'un interruptor automàtic pot variar depenent de:

- Si es representa en un esquema **multifilar**, on hi apareixen dibuixats tots els pols d'un dispositiu.

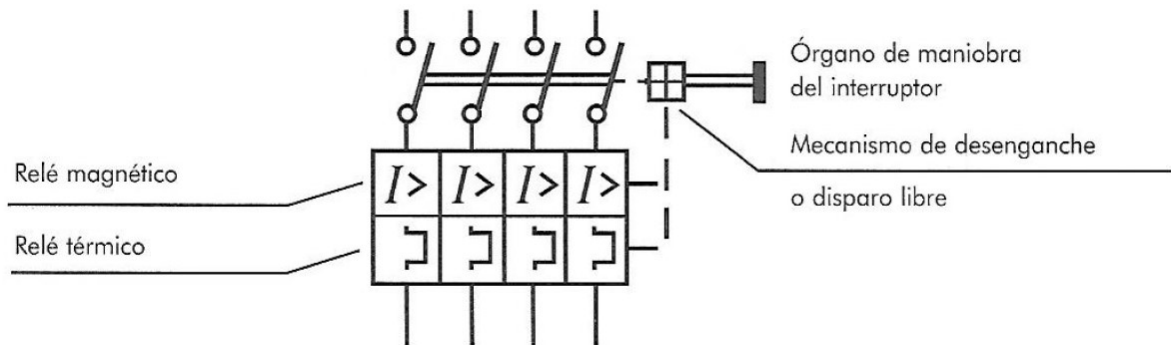


Figura 26. Símbol multifilar interruptor automàtic [3].

- Si es representa en un esquema **unifilar**, on només es representa un pol en representació del dispositiu.

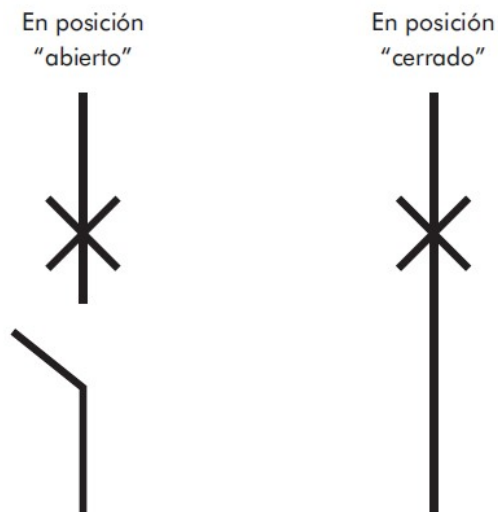


Figura 27. Símbol unifilar d'un interruptor automàtic [8].

A la pràctica es poden trobar altres símbols que representen un interruptor, tant unifilars com multifilars.

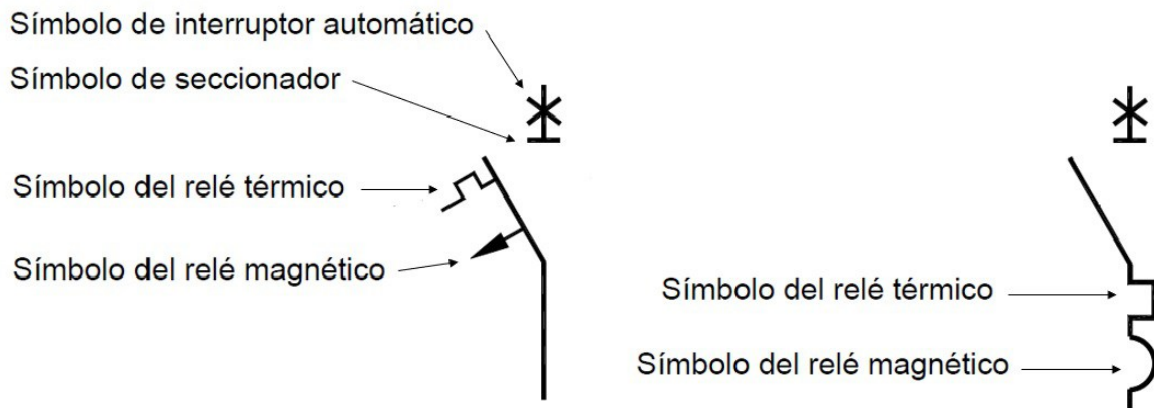


Figura 28. Altres símbols que representen un interruptor automàtic [7].

4.4 Interruptors automàtics modulars

Els **interruptors automàtics modulars**, també anomenats “**PIA**” (Petit Interruptor Automàtic) o “**MCB**” (del anglès *Miniature Circuit Breaker*), destinats a aplicacions domèstiques i anàlogues, queden fora del cos normatiu de la norma **UNE-EN 60947** tenen per norma de referència la **UNE-EN 60898** [2]. Segons aquesta norma, presenten les següents característiques.

- Es tracten, segons el presentat en l'apartat
- , d'aparellatge de connexió de tipus **mecànica**.
- Segons el nombre de pols, els interruptors automàtics modulars es classifiquen en:
 - Interruptor automàtic **unipolar**.
 - Interruptor automàtic **bipolar** a **un** pol protegit.
 - Interruptor automàtic **bipolar** amb **dos** pols protegits.
 - Interruptor automàtic **tripolar** amb **tres** pols protegits.
 - Interruptor automàtic **tetrapolar** amb **tres** pols protegits.
 - Interruptor automàtic **tetrapolar** amb **quatre** pols protegits.
- La naturalesa del corrent serà amb una freqüència assignada de **50 o 60 Hz** en el cas de corrent altern..
- El mitjà de tall és l'**aire**.
- Els modes de maniobra dels interruptors automàtics modulars sota la norma corresponent, com s'ha explicat en l'apartat 3.2.5 Condicions de funcionament, són de **comandament manual** per a la connexió, **manual** o **automàtic** per a la desconexió i **directes** amb **energia mecànica**. Així mateix, són generalment de maniobra manual independent i amb activació lliure.

- El tipus de disseny, com s'ha explicat en l'annex, pot ser:
 - **Tancat**, (no necessita un embolcall apropiat).
 - **Obert** (per a utilitzar amb un embolcall apropiat).
- Tots els interruptors automàtics modulars que contempla aquesta norma són **aptes per el seccionament**.
- Tots els interruptors automàtics modulars que contempla aquesta norma **no necessiten manteniment**.
- Els interruptors automàtics modulars, segons la norma corresponent, tenen els següents valors característics, explicats en l'apartat 3.3 Valors assignats i valors límit del circuit principal:
 - **Tensió assignada de treball (U_e)**, els seus valors normalitzats seran:
 - **230V** per els interruptors automàtics **unipolars i bipolars**.
 - **230/400V** per els interruptors automàtics **unipolars**.
 - **400V** per els interruptors automàtics **bipolars, tripolars i tetrapolars**.

Els interruptors bipolars amb $U_n = 230V$ poden tenir un o els dos pols protegits, els bipolars amb $U_n = 400V$ tenen els dos pols protegits, els interruptors tripolars tenen els tres pols protegits i els interruptors tetrapolars poden tenir tres o quatre pols protegits.

- **La tensió d'aïllament assignada (U_i)**, seguirà el mateix criteri que la tensió assignada de treball.
- **Tensió assignada suportada a l'impuls (U_{imp})**, habitualment de 4kV.
- **La intensitat assignada de treball (I_e)**, els valor de la qual estan marcats a la temperatura de referència normal de **30°C**. Si l'interruptor automàtic s'utilitza a una temperatura ambient diferent, s'ha de tenir en compte l'efecte d'aquesta sobre la protecció dels cables davant sobrecàrregues. Els interruptors automàtics modulars tindran els següents valors preferents d'intensitat assignada de treball: **6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125 A**. No és un valor regulable.
- **La intensitat convencional de no desconexió (I_{nt})**, en el cas dels interruptors automàtics modulars serà de **1,13** vegades la intensitat assignada de treball.
- **La intensitat convencional de desconexió (I_t)**, en el cas dels interruptors automàtics modulars serà de **1,45** vegades la intensitat assignada de treball.

- La intensitat de desconexió instantània, així com els límits de les característiques temps-intensitat, que són fixes es presenten a la taula següent:

Corba	Marges d'activació instantània	Circuit protegit
B	Per sobre de $3 I_n$ fins a $5 I_n$ inclusive.	L'activació tèrmica està limitada a $3 I_n$. Amb una càrrega $3 I_n$ el temps d'obertura és de 0.1 segons o superior. L'activació magnètica es produeix a partir de $5 I_n$ en un temps màxim de 0,1 segons .
C	Per sobre de $5 I_n$ fins a $10 I_n$ inclusive.	L'activació tèrmica està limitada a $5 I_n$. Amb una càrrega $5 I_n$ el temps d'obertura és de 0.1 segons o superior. L'activació magnètica es produeix a partir de $10 I_n$ en un temps màxim de 0,1 segons .
D	Per sobre de $10 I_n$ fins a $20 I_n$ inclusive.	L'activació tèrmica està limitada a $10 I_n$. Amb una càrrega $10 I_n$ el temps d'obertura és de 0.1 segons o superior. L'activació magnètica es produeix a partir de $20 I_n$ en un temps màxim de 0,1 segons .

Taula 4. Valors límits del corrent d'activació magnètica [2].

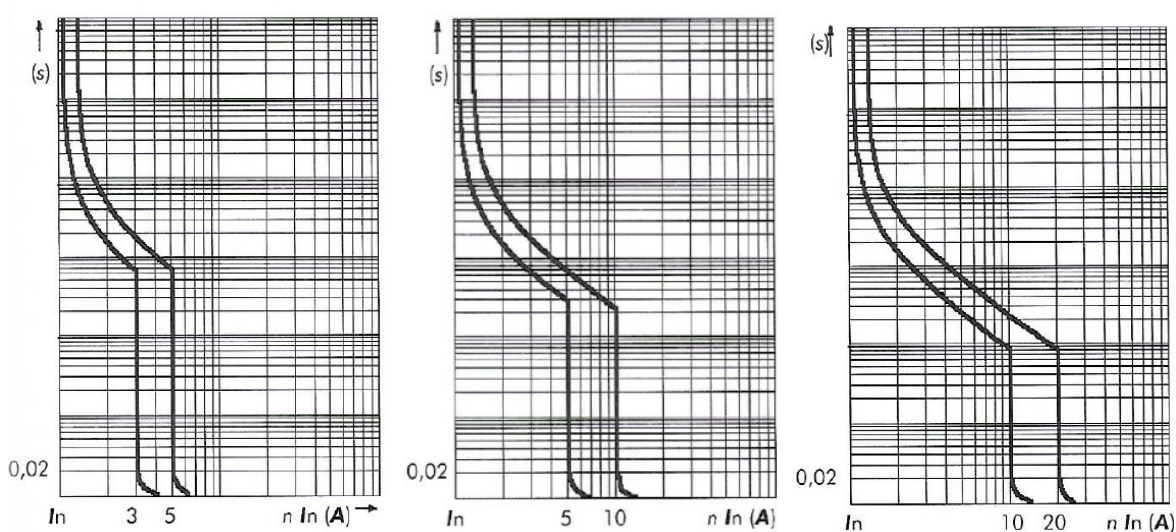


Figura 29. Corbes característiques d'un interruptor automàtic modular de corba B, C, D respectivament [3].

- Els serveis assignats més comuns són el **continu** i el **ininterromput**, explicats a l'apartat 3.3.4 Serveis assignats.
- El **poder de tall assignat (I_{cn})**, el qual té uns valors normalitzats de **1500, 3000, 4500, 6000, 10000 A**. Aquests poders de tall són els permesos per a usos domèstics o per a interruptors automàtics propers a preses de corrent. Per a valors superiors, els normalitzats són **15000, 20000 i 25000 A**.
- El **poder de tall en servei en curtcircuit (I_{cs})**, per a les condicions prescrites segons seqüència d'assajos especificada, inclouen la capacitat de l'interruptor per a ser recorregut per un corrent igual a 0,85 vegades el seu corrent de no desconexió durant el temps convencional, és a dir, que l'interruptor pot continuar en servei.

La relació entre el poder de tall de servei i el poder de tall assignat (factor k), ha de complir amb els valors de la taula.

I_{cn}	k
$\leq 6000 \text{ A}$	1
$> 6000 \text{ A}$ $< 6000 \text{ A}$	0,75 Valor mínim de I_{cs} : 6000 A
$> 10000 \text{ A}$	0,50 Valor mínim de I_{cs} : 7500 A

Taula 5. Relació (factor k) entre la I_{cs} i la I_{cn}

- **Temps convencional**, serà de **1 hora** per a interruptors automàtics de corrent assignada fins a **63 A** inclusive i de **2 hores** per a interruptors automàtics de corrent assignada superior a **63 A**.
- La **categoria de treball** és **A**, explicada a l'annex 1.
- Els circuits de comandament estan definits a l'apartat 3.4 Circuits de comandament.
- Els circuits auxiliars, si l'interruptor ho permet, estan definits a l'apartat 3.5 Circuits auxiliars
- Els relés i disparadors estan definits a l'apartat 3.6 Relés i disparadors.

4.5 Interruptors automàtics per a actuar per corrent diferencial residual

De la mateixa manera que els interruptor automàtics modulars per a la protecció davant sobreintensitats en instal·lacions domèstiques i anàlogues tenen la seva norma de referència fora de la sèrie de Normes **UNE-EN 60947**, els interruptors automàtics per a actuar per corrent diferencial residual, amb dispositius de protecció davant sobreintensitats incorporat, per a usos domèstics i anàlegs, anomenats (**AD**), s'emparen en la norma **UNE-EN 61009** [4].

Aquests dispositius estan destinats a la protecció de les persones davant contactes indirectes, quan les parts metàl·liques accessibles de la instal·lació estan connectades a una presa de terra apropiada i a la protecció de les canalitzacions contra les sobreintensitats en els edificis i construccions similars.

Normativament, en corrent altern la tensió assignada no sobrepassa els **440V**, la intensitat assignada els **125A** i el poder de tall els **25kA** per a un funcionament a **50 o 60 Hz**; poden ser **funcionalment independents** o **funcionalment dependents de la tensió d'alimentació** i poden estar constituïts bé per equips compactes o bé per la unió d'un dispositiu diferencial adaptable i d'un interruptor automàtic.

Amb les limitacions expressades en el punt anterior, un interruptor automàtic per a actuar per corrent diferencial residual, amb dispositiu de protecció davant sobreintensitats incorporat, per a usos domèstic i anàlegs (denominat de manera abreviada "**AD**"), és un interruptor automàtic que realitza les funcions d'establiment, manteniment i tall de sobreintensitats en les condicions especificades, desconnecta en condicions anormals del circuit tals com les de curtcircuit i provoca l'obertura del circuit protegit qual la corrent diferencial residual sobrepassa el valor de funcionament diferencial.

Es pot tractar de:

- Un AD en els exactes termes de la definició donada a l'apartat anterior.
- Un conjunt d'un interruptor automàtic i un **RDA** o **relé diferencial adaptable**, és a dir, d'un interruptor diferencial constituït per un interruptor automàtic que respecti les prescripcions de la Norma **UNE-EN 60898** i un relé diferencial adaptable dissenyat per a ser acoblat amb el interruptor automàtic segons les instruccions del fabricant, que compren el medi d'accionament del mecanisme de desconexió de l'interruptor automàtic amb el qual està destinat a ser acoblat.

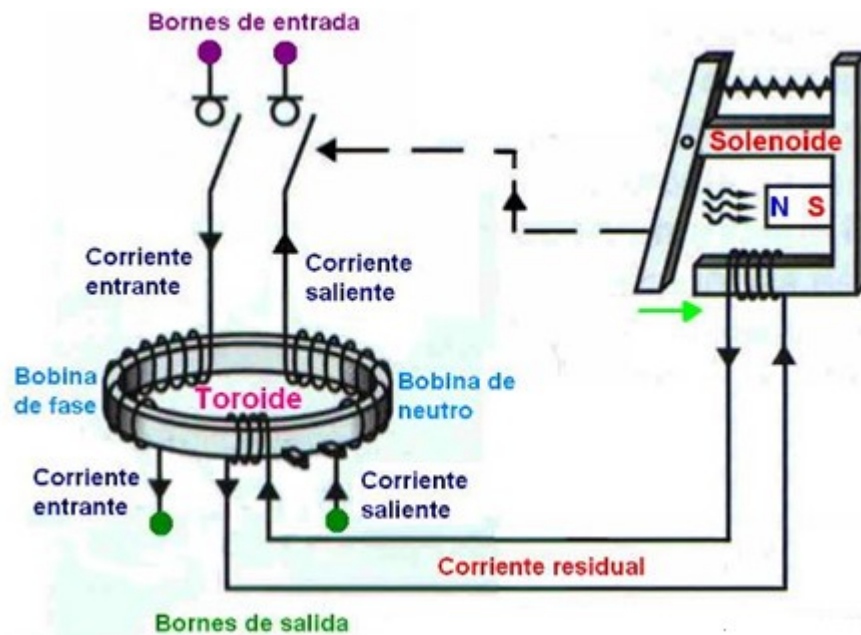


Figura 30. Esquema del funcionament d'un interruptor automàtic diferencial [9].

El modes de funcionament poden ser:

- **Funcionament independent de la tensió d'alimentació**, és a dir, AD per el qual les funcions de detecció, avaluació i interrupció no depenen de la tensió d'alimentació, dit d'altre manera, que són dispositius de corrent diferencial residual sense subministrament auxiliar.
- **Funcionament dependent de la tensió d'alimentació**, és a dir, AD per el qual les funcions de detecció, avaluació i interrupció depenen de la tensió d'alimentació. Aquest tipus pot:
 - **Obrir-se automàticament**, amb o sense retard, en cas de fallida de la tensió d'alimentació, però no es tornen a tancar quan la tensió d'alimentació es restableix.
 - **No obrir-se automàticament** en cas de fallida de la tensió d'alimentació, podent o no ser capaços de desconectar en cas d'aparició d'una situació que presenti perill, com per exemple un defecte a terra, en cas de fallida de la tensió d'alimentació.

En quant al **número de pols** dels AD, segueix el mateix precepte que els interruptors automàtics modulars.

El seu medi de tall és l'**aire**.

Segons les condicions de funcionament, els AD es poden classificar:

- Segons la resistència a les desconnexions no desitjables degudes a ones de sobretensió. No estan classificats.
- Segons el comportament en presència de component continu, poden ser:
 - AD tipus **AC**, és a dir, que te assegurada la desconexió per als corrents diferencials altern solenoides. Són els més habituals, tot i que estan prohibits en alguns països degut a la seva nul·la efectivitat davant harmònics.
 - AD tipus **A**, és a dir, que te assegurada la desconexió per als corrents diferencials solenoides o continus polsants. Evita desconnexions intempestives per corrents d'alta freqüència produïdes entre altres per circuits amb reactàncies electròniques. Sol ser anomenat com interruptor automàtic diferencial superimmunitzat.
 - AD tipus **B**, utilitzats per a protegir davant corrents de fuga alterns i polsant suaus fins a 1 KHz. Adequat per a la protecció diferencial i per a evitar desconnexions intempestives causades per variadors de freqüència, de velocitat, onduladors o carregadors de bateries trifàsics.
- Segons l'aptitud per al seccionament, els AD contemplats en aquesta Norma estan considerats **aptos per al seccionament**.
- Segons les possibilitats de manteniment, AD contemplats en aquesta Norma estan dissenyats per a **no tenir manteniment**.
- Segons el retard en presència de corrent diferencial, poden ser:
 - No retardats.
 - Retardats, o **tipus S**, que és un AD que per a un valor donat de corrent diferencial desconnecta en un temps superior al temps límit de no resposta, és a dir, al temps màxim durant el qual es pot aplicar al AD un valor de corrent diferencial superior al valor de no funcionament, sense provocar el funcionament.
- Segons el corrent de desconexió instantani, que són els mateixos que per els interruptors automàtics modulars. Estan representats en la Taula 4.

Els valors assignats i els valors límit del circuit principal seran:

- La **tensió assignada (U_n)**, que dependrà de si el circuit és **monofàsic o trifàsic** serà de **230V o de 400V**.
- La **intensitat assignada (I_n)**, amb els següents valors preferents: **6-8-10-13-16-20-25-32-40-50-63-80-100-125 A**.

- El **corrent diferencial de funcionament assignat ($I_{\Delta n}$)**, els valors normals del qual són: **0,01-0,03-0,1-0,3-0,5-1 A**.
- El **corrent diferencial de no funcionament assignat ($I_{\Delta no}$)**, que serà de **0,5 $I_{\Delta n}$** .
- El valor preferent de la freqüència assignada serà de **50 Hz**.
- Els valors de poder de curtcircuit assignat seran els mateixos que per els interruptors automàtics modulars.
- Els valors normalitzats de temps d'actuació i del temps de no actuació amb un corrent diferencial, és a dir, del temps que transcorre entre l'instant en què, en un AD, apareix de manera brusca el corrent diferencial de funcionament i l'instant d'extinció de l'arc en tots els pols, per a un AD tipus AC, estan indicats a la taula següent:

Tipus	I_n (A)	$I_{\Delta n}$ (A)	Valors normalitzats del temps de funcionament en segons y de no actuació, en segons amb un corrent diferencial $I_{\Delta n}$ igual a:				
			$I_{\Delta n}$	2 $I_{\Delta n}$	5 $I_{\Delta n}$	$I_{\Delta t}$	
General	Qualsevol valor	Qualsevol valor	0,3	0,15	0,04	0,04	Temps de funcionament màxim
S	≥ 25	$> 0,03$	0,5	0,2	0,15	0,15	Temps de funcionament màxim
			0,13	0,06	0,05	0,04	Temps de no actuació mínim

Taula 6. Valors normalitzats del temps de funcionament màxim i del temps de no actuació amb un corrent diferencial [2]

4.6 Interruptors automàtics de caixa modelada i bastidor obert

Els interruptor automàtics de caixa modelada estan constituïts per un embolcall aïllant que internament és a la vegada suport estructural del mecanisme, els contactes i demés elements metàl·lics, formant un conjunt integral. També s'anomenen MCCB (de l'anglès *Molded Case Circuit Breaker*).

Els interruptor de bastidor obert es caracteritzen per tenir una estructura portant metàl·lica visible des de l'exterior. També s'anomenen interruptors automàtics oberts o ACB's (de l'anglès *Air Circuit Breakers*).

Estan emparats sota la norma **UNE-EN 60947-2** [10]. Segons aquesta norma, presenten les següents característiques.

- Es tracten, segons el presentat en l'apartat
- , d'aparellatge de connexió de tipus **mecànica**.
- Segons el nombre de pols, els MCCB i els ACB es classifiquen en:
 - Interruptor automàtic **tripolar** amb **tres** pols protegits.
 - Interruptor automàtic **tetrapolar** amb **tres** pols protegits.
 - Interruptor automàtic **tetrapolar** amb **quatre** pols protegits.
- La naturalesa del corrent serà o continu o altern amb una freqüència assignada de **50 o 60 Hz**.
- El mitjà de tall està especificat en l'apartat 3.2.4 Mitjà de tall. Per els interruptor automàtics de bastidor obert el medi de tall és l'aire.
- Els modes de maniobra dels MCCB i els ACB sota la norma corresponent, com s'ha explicat en l'apartat 3.2.5 Condicions de funcionament.
- El tipus de disseny, com s'ha explicat en l'annex 1, pot ser:
- Els MCCB i els ACB que contempla aquesta norma **poden ser o no aptes per el seccionament**.
- Els interruptors automàtics de caixa modelada que contempla aquesta norma **poden o no estar dissenyats per a necessitar manteniment**. Els MCCB habitualment no, mentre que els ACB habitualment sí.
- Els MCCB i els ACB poden ser instal·lats de les següents maneres:
 - Poden ser **fixes**, que són els interruptors automàtics en els que les connexions no estan associades al dispositiu de fixació mecànica.
 - Poden ser **extraïbles**, o interruptors automàtics que, a més dels seus contactes d'interrupció, tenen un joc de contactes de seccionament que els permet, en posició extreta ser desconnectats del circuit principal amb una distància de seccionament segons prescripcions especificades.

- Poden ser **Seccionables**.
- Poden ser **endollables**, o interruptors automàtics que, a més dels seus contactes d'interrupció, tenen un joc de contactes que permeten la retirada de l'interruptor automàtic, poden ser de tipus endollable solament en el costat de l'alimentació, sent els borns de sortida utilitzats habitualment per a la connexió dels conductors.
- Els interruptors automàtics de caixa modelada, segons la norma corresponent, tenen els següents valors característics, explicats en l'apartat 3.3 Valors assignats i valors límit del circuit principal:
 - **Tensió assignada de treball (U_e)**, els seus valors normalitzats seran fins a **1000V** en corrent altern o **1500V** en corrent continu.
 - **La tensió d'aïllament assignada (U_i)**, seguirà el mateix criteri que la tensió assignada de treball.
 - **Tensió assignada suportada a l'impuls (U_{imp})**, habitualment de 6 i 8 kV per els MCCB i fins a 12 kV.
 - **La intensitat assignada de treball (I_e)**, els valor de la qual estan marcats a la temperatura de referència normal de **30°C**. Si l'interruptor automàtic s'utilitza a una temperatura ambient diferent, s'ha de tenir en compte l'efecte d'aquesta sobre la protecció dels cables davant sobrecàrregues. Els MCCB tindran els següents valors preferents d'intensitat assignada de treball: **125, 160, 250, 400, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3200 A**. Els ACB, per sobre de 3200A tenen els següents valors preferents: **4000, 5000, 6300 A**. Per a valors que no superin els 63A, aquest valor serà igual per a tots els pols. Per a intensitat superiors, la intensitat del neutre serà igual a la meitat d'aquest valor amb un valor mínim de 63 A.

En el cas dels interruptors industrial, el valor de la **I_n** d'un dispositiu és regulable en un rang que habitualment va del **63%** al **100%** de la **I_n** . Aquest rang pot variar depenent del fabricant.

- **La intensitat tèrmica convencional al aire lliure (I_{th})**.
- **La intensitat tèrmica convencional sota l'embolcall (I_{the})**.
- **La intensitat convencional de no desconexió (I_{nt})** serà del **1,05 I_n** .
- **La intensitat convencional de desconexió (I_t)**, serà de **1,3 I_n** .
- **La intensitat de desconexió instantània**, que en el cas dels MCCB i els ACB es pot regular amb un rang de valors que habitualment pot anar de **6 I_n** fins a **12 I_n** . Si el comandament de l'interruptor automàtic és electrònic, es pot regular des de **3 I_n** . Aquest valors poden variar segons el fabricant.

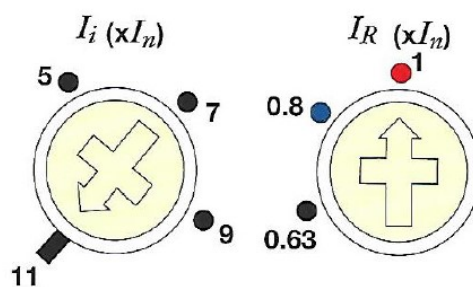


Figura 31. Dials d'ajust de les proteccions tèrmiques i magnètiques d'un interruptor [11].

- Els serveis assignats més comuns són el **continu** i el **ininterromput**, explicats a l'apartat 3.3.4 Serveis assignats.
 - El **poder assignat de tancament en curtcircuit (I_{cm})**.
 - El **poder de tall últim en curtcircuit assignat (I_{cu})**,
 - El **poder de tall en servei en curtcircuit (I_{cs})**, és un valor que fixa el fabricant.
- Les relacions entre I_{cs} i I_{cu} es donen a la següent taula:

Categoria de treball A (% de I_{cu})	Categoria de treball B (% de I_{cu})
25	-
50	50
75	75
100	100

Taula 7. Relació entre la I_{cs} i la I_{cu} segons les categories de treball

Quan la I_{cu} sobrepassa els **200 kA** per a la categoria A, o **100 kA** per a la categoria B, el fabricant pot declarar **50 kA** com el valor de I_{cs} .

- La **Intensitat assignada de curta duració possible admissible (I_{cw})**, només per els interruptor de categoria B, amb els següents temps que un interruptor automàtic ha de suportar el valor mínim de corrent assignada de curta duració possible admissible: **0,05 - 0,1 - 0,25 - 0,5 - 1** segons. Els valors mínims de la I_{cw} seran:

Intensitat assignada I_n (A)	Intensitat assignada de curta duració admissible I_{cw} Valors mínims (Ka)
$I_n \leq 2500$ $I_n > 2500$	El major dels dos valors; 12 I_n o 5 kA. 30 kA

Taula 8. Valors mínims de la I_{cw} .

- **Temps convencional**, serà de **1 hora** per a interruptors automàtics de corrent assignada fins a **63 A** inclusive i de **2 hores** per a interruptors automàtics de corrent assignada superior a **63 A**.
- La **categoria de treball** és **A** o **B**, explicada l'annex 1.
- Els circuits de comandament estan definits a l'apartat 3.2.5 Condicions de funcionament. En el cas que siguin de comandament elèctric, si la tensió del circuit de comandament és diferent a la del circuit principal serà una de les exposades en la taula següent:

Corrent continu (V)	Corrent altern monofàsic (V)
24-48-110-125-220-250	24-48-110-127-220-230

Taula 9. Tensions normalitzades dels circuits de comandament elèctric [2, 11].

- Els circuits auxiliars, si l'interruptor ho permet, estan definits a l'apartat 3.5 Circuits auxiliars
- Els relés i disparadors estan definits a l'apartat 3.6 Relés i disparadors.

4.7 Interruptors automàtics amb protecció incorporada per intensitat diferencial residual (DPR)

La Norma UNE-EN 60947-2, dona prescripcions normatives per a aquells DPR que en corrent altern assegurin la protecció davant la intensitat diferencial residual, en els que:

- La funció d'intensitat residual és una part integrant de l'interruptor, designats com a **DPR integrats**.
- Es combinen un dispositiu d'intensitat diferencial residual, designat **c.r.** i un interruptor automàtic conforme a aquesta norma. La combinació pot ser **mecànica** o **elèctrica** i pot efectuar-se o bé en fàbrica, o bé en el lloc per l'usuari, segons les instruccions del fabricant. En aquest cas, els dispositius habitualment utilitzats són els següents:
 - Un **dispositiu toroïdal** de detecció d'intensitats diferencial.
 - Un **relé diferencial regulable** que, quan el toroïdal detecta una intensitat diferencial superior a la intensitat diferencial límit, dispara i envia l'ordre a,
 - Un **disparador** instal·lat en l'interruptor automàtic en el que s'associen aquest dispositius, habitualment una bobina, que dispara l'interruptor.

Aquestes disposicions no s'apliquen als **DPR** dependents d'una altra font d'alimentació ni als aparells amb dispositius de detecció d'intensitat que es munten separatament de l'interruptor automàtic, ni als **DPR** destinats a ser utilitzats per a utilitzar-se en els circuits de corrent no alterna.

Un **interruptor automàtic amb protecció per intensitat diferencial residual incorporada (DPR)**, és un interruptor automàtic que:

- Assegura la protecció de les instal·lacions davant sobrecàrregues y davant les intensitat de curtcircuit.
- Assegura la protecció de les persones davant contactes indirectes, és a dir els augments perillosos del potencial a terra deguts a un aïllament defectuós, provocant l'obertura automàtica dels contactes com a resposta a l'aparició de qualsevol intensitat de fuga o d'intensitat d'un defecte a terra igual o superior a la intensitat diferencial residual de funcionament assignada durant un temps superior al temps límit de no resposta.

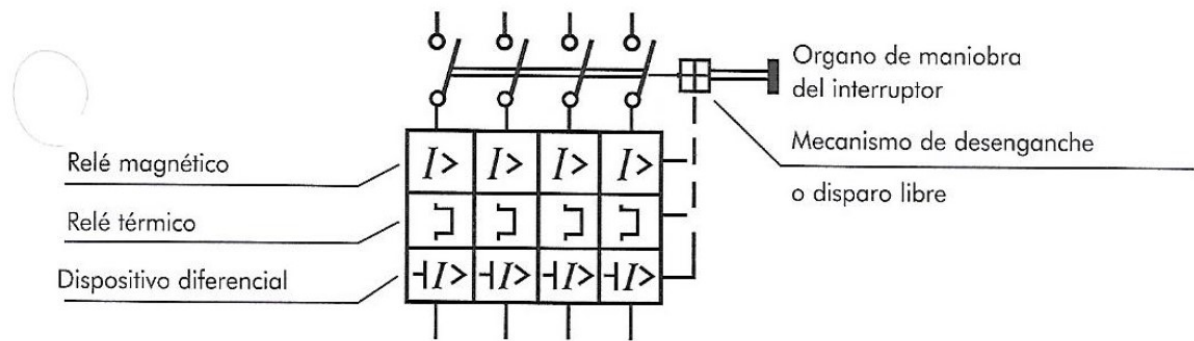


Figura 32. Símbol d'un DPR.

Els DPR poden classificar-se:

Segons el mode de funcionament de la funció intensitat diferencial residual:

- **DPR funcionalment independents** de la tensió d'alimentació, que són els DPR amb funcions de detecció, avaluació i tall que no depenen de la tensió d'alimentació.
- **DPR funcionalment dependents** de la tensió d'alimentació, que són els DPR amb funcions de detecció, avaluació i tall que depenen de la tensió d'alimentació.

Aquests dispositius poden:

- **Desconnectar automàticament** en cas de falla de la tensió d'alimentació amb o sense retard.
- **No desconnectar**. Si no desconnecten automàticament en cas de fallida de la tensió d'alimentació poden:
 - **Ser capaços de disparar** en cas d'una situació que representi risc que sorgeixin durant una falla de l'alimentació en cas de pèrdua d'una fase en un circuit trifàsic o en el cas d'una caiguda de tensió.
 - **No se capaços de disparar** en les condicions abans descrites.

Segons les possibilitats de regulació de la intensitat diferencial residual:

- **DPR de valor únic** d'intensitat diferencial residual de funcionament.
- **DPR de valors múltiples** d'intensitat diferencial residual de funcionament, podent-se regular per graons o per variació continua.

Segons la temporització de la funció intensitat diferencial residual:

- **DPR no temporitzat**, les característiques de funcionament del qual són les següents:

Intensitat diferencial residual	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	$10 I_{\Delta n}$
Duració màxima de tall (segons)	0,3	0,15	0,04	0,04
Els DPR que tenen $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ han de ser no temporitzat.				

Taula 15. Característica de funcionament per a un DPR del tipus no temporitzat [3].

- **DPR temporitzats**, que poden ser **no regulables** o **regulables** per graons o per variació continua.

Per a aquestes DPR, es defineix el **temps de no resposta**, que és el temps (mínim, límit o màxim) durant el qual es pot aplicar al DPR un valor d'intensitat diferencial residual superior al valor d'intensitat diferencial residual de no funcionament, sense provocar el funcionament:

- El temps de no resposta mínim normatiu per a un valor de $2 I_{\Delta n}$ és de **0,06 segons**.
- Els temps límit de no resposta preferents per a $2 I_{\Delta n}$ són: **0,06-0,1-0,2-0,3-0,4-0,5-1 segons**.
- El temps màxim de no resposta per a un valor $I_{\Delta n}$ és **1 segon** quan s'utilitzi davant contactes indirectes.

Per els DPR que tenen un temps límit de no resposta de **0,06 segons** les característiques de funcionament es donen a la següent taula:

Intensitat diferencial residual	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	$10 I_{\Delta n}$
Duració màxima de tall (segons)	0,5	0,2	0,15	0,15

Taula 16. Característica de funcionament per al tipus temporitzat que te un límit de no resposta de 0,06 segons [3].

Per als **DPR** que tenen un temps límit de no resposta superior a **0,06 segons**, el fabricant ha de declara els temps de tall màxims per a $I_{\Delta n}$, $2 I_{\Delta n}$, $5 I_{\Delta n}$, $10 I_{\Delta n}$.

Segons el comportament en presència d'una component continua:

- AD tipus **AC**, és a dir, que te assegurada la desconexió per als corrents diferencials altern solenoides. Són els més habituals, tot i que estan prohibits en alguns països degut a la seva nul·la efectivitat davant harmònics.
- AD tipus **A**, és a dir, que te assegurada la desconexió per als corrents diferencials solenoides o continus polsants. Evita desconexions intempestives per corrents d'alta freqüència produïdes entre altres per circuits amb reactàncies electròniques. Sol ser anomenat com interruptor automàtic diferencial superimmunitzat.
- AD tipus **B**, utilitzats per a protegir davant corrents de fuga alterns i polsant seus fins a 1 KHz. Adequat per a la protecció diferencial i per a evitar desconexions intempestives causades per variadors de freqüència, de velocitat, onduldors o carregadors de bateries trifàsics.
- Segons el retard en presència de corrent diferencial, poden ser:
 - No retardats.
 - Retardats, o **tipus S**, que és un AD que per a un valor donat de corrent diferencial desconnecta en un temps superior al temps límit de no resposta, és a dir, al temps màxim durant el qual es pot aplicar al AD un valor de corrent diferencial superior al valor de no funcionament, sense provocar el funcionament.
- Segons el corrent de desconexió instantani, que són els mateixos que per els interruptors automàtics modulars. Estan representats en la Taula 4. Valors límits del corrent d'activació magnètica [2].

Els valors assignats i els valors límit del circuit principal seran:

- El **corrent diferencial de funcionament assignat ($I_{\Delta n}$)**, els valors normals del qual són: **0,006-0,01-0,03-0,1-0,3-0,5-1-3-10-30 A**. Encara es poden assolir valors més elevats i **$I_{\Delta n}$** es pot expressar en percentatge de la intensitat de treball assignada.
- El **corrent diferencial de no funcionament assignat ($I_{\Delta no}$)**, que serà de **0,5 $I_{\Delta n}$** .
- Els **poder assignat de tall i de tall diferencial residual en curtcircuit ($I_{\Delta m}$)**, és el valor eficaç de la component alterna d'intensitat residual diferencial residual de curtcircuit prevista, assignada pel fabricant, que el DPR pot tancar, suportar i tallar en les condicions especificades. El seu valor mínim és el del **25% de la I_{cu}** .
- El **valor límit de la sobreintensitat de no funcionament** en el cas d'una càrrega monofàsica. Els DPR suporten sense disparar el més baix dels dos valor següents de sobreintensitat: **6 I_n** o el **80%** del valor màxim de regulació del disparador de curtcircuit.

5. Exemples reals de Selectivitat entre interruptors automàtics i/o fusibles.

Els següents exemples reals de coordinació entre dispositius de protecció elèctrica han estat extrets del software **Temcurve Lite 3.0** de l'empresa **Terasaki Electric (Europe) Ltd**. Aquest és un software que mostra les corbes característiques de diferents models de dispositius d'aquesta empresa i només mostra la zona de sobrecàrrega i d'activació magnètica, però no mostra els valors de poder de tall dels diferents dispositius davant un curtcircuit.

També es podrà observar com, en realitat, les corbes característiques no són línies, sinó que són **rangs de valors**, és a dir, que per a cada valor de temps hi ha un rang d'intensitats per a les quals és possible que l'interruptor es dispari. Això és degut a que totes les característiques tenen **una tolerància**, normalment expressada %. Per a assegurar selectivitat, aquesta s'ha de complir per a tot el rang de valors, per això és important treballar amb corbes expressades segons aquest rang de valors i no amb línies que expressin el seu valor mitjà.

En la Figura 33 següent es podran observar en una mateixa gràfica totes les regulacions d'un interruptor electrònic. En aquest cas és un interruptor de caixa modelada de 250A d'intensitat de regulació.

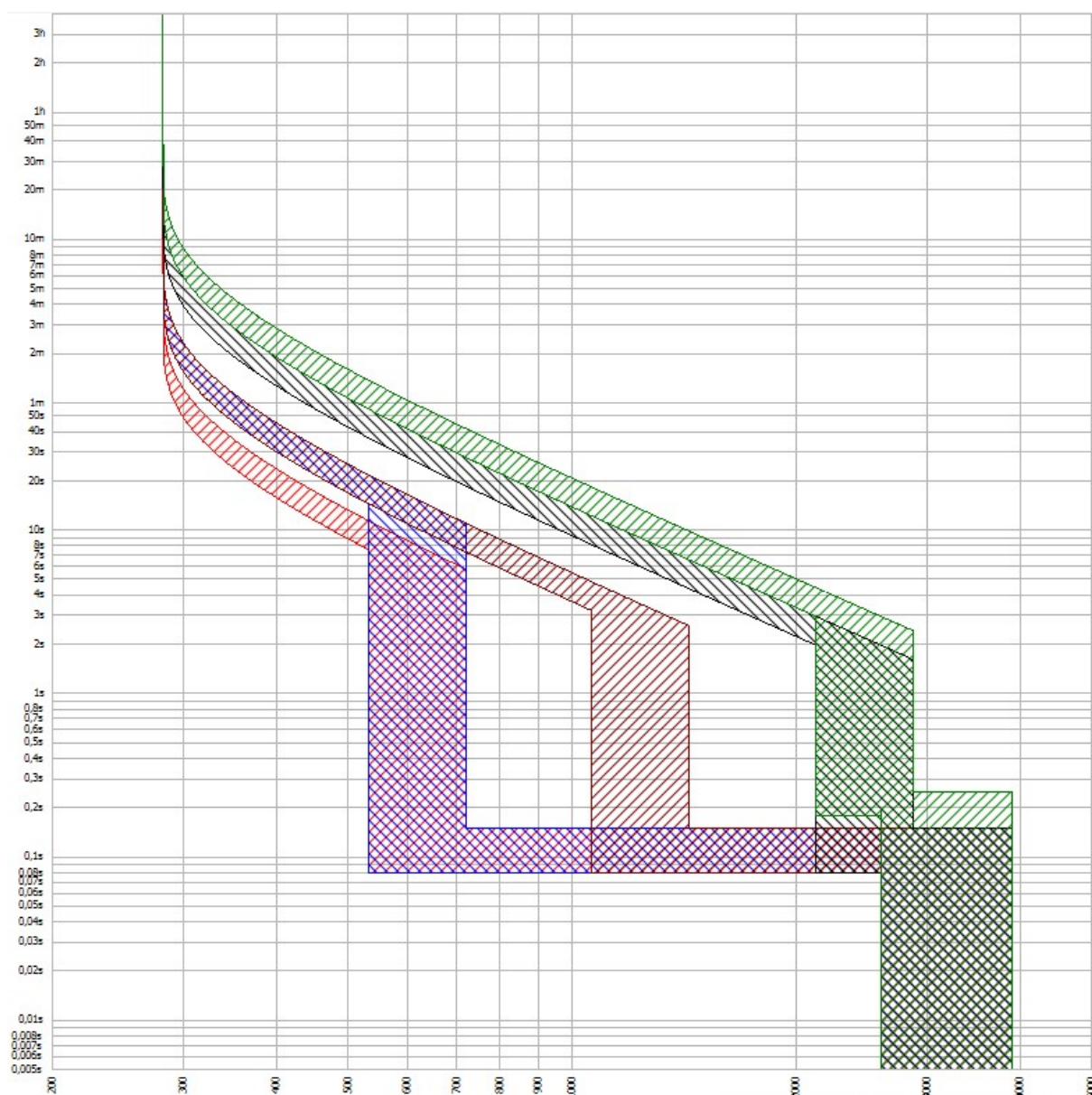


Figura 33. Diferents configuracions de corbes característiques per a un interruptor electrònic de 250A.

On:

- La corba **vermella** és la regulació 1.
- La corba **blava** és la regulació 2.
- La corba **marró** és la regulació 3.
- La corba negra és la regulació 4.
- La corba **verda** és la regulació 5.

A la següent Figura 34 es mostrarà un exemple de les anomenades **taules de selectivitat**, que poden variar segons el fabricant, en les que s'indica si hi ha selectivitat entre dos dispositius, indicant si hi ha selectivitat total, si hi ha selectivitat parcial o no n'hi ha. En el cas que hi hagi selectivitat parcial, la taula indica el valor de I_s . En aquest exemple es veurà la coordinació entre models de caixa modelada i entre models de caixa modelada amb models modulars aigües avall. Aquestes taules segueixen la Norma **UNE-EN 60947-2** [10].

Interruptor de caja moldeada aguas arriba																																
Calibre	250 A						400 A						630 A				800A				1000 A				1250A				1600 A			
	Modelo		S250-NE	S250-GE	S250-PE	H250-NE	S400-NE	S400-GE	S400-PE	H400-NE	L400-NE	E630-NE	S630-CE	S630-GE	S800-NE	S800-RE	H800-NE	L800-NE	S1000-SE	S1000-NE	S1250-SE	S1250-NE	S1250-GE	S1600-SE	S1600-NE							
		Poder de corte	36 kA	65 kA	70 kA	125 kA	50 kA	70 kA	85 kA	125 kA	200 kA	36 kA	50 kA	70 kA	50 kA	70 kA	125 kA	200 kA	50 kA	70 kA	50 kA	70 kA	100 kA	50 kA	100 kA							
TB2 S125	S125-NJ	36 kA	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T							
	S125-GJ	65 kA	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	50	T	T	T	T	T	T	T	T	T							
TB2 S250	S160-NJ	36 kA	-	-	-	-	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T							
	S160-GJ	65 kA	-	-	-	-	T	T	T	T	T	T	T	T	36	36	T	T	T	50	T	T	T	T	T							
	S250-NJ	36 kA	-	-	-	-	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T							
	S250-GJ	65 kA	-	-	-	-	T	T	T	T	T	T	T	T	36	36	T	T	T	50	T	T	T	T	T							
TB2 S/H/L 250	H125-NJ	125kA	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	50	T	T	T	T	T	T	T	70	T	85						
	H160-NJ	125kA	-	-	-	-	-	-	-	T	T	T	T	T	T	50	T	T	T	T	T	T	T	70	T	85						
	S250-NE	36 kA	-	-	-	-	-	-	-	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T							
	S250-GE	65 kA	-	-	-	-	-	-	-	T	T	T	T	T	36	36	T	T	T	50	T	T	T	T	T							
	H250-NJ	125kA	-	-	-	-	-	-	-	T	T	T	T	T	T	50	T	T	T	T	T	T	70	T	85							
	S250-PE	70 kA	-	-	-	-	-	-	-	T	T	T	T	T	36	36	T	T	T	50	T	T	70	T	T							
	H250-NE	125kA	-	-	-	-	-	-	-	T	T	T	T	T	36	36	T	T	T	50	T	T	70	T	85							
TB2 E/S 630	E400-NJ	25 kA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	10	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T							
	S400-CJ	36 kA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	10	25	25	25	25	30	30	T	T	T	T	T							
	S400-NJ	50 kA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	10	25	25	25	25	30	30	36	36	36	T	T							
	S400-NE	50 kA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	10	25	25	25	25	30	30	36	36	36	T	T							
	S400-GJ	70 kA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	10	25	25	25	25	30	30	36	36	36	T	50							
	S400-GE	70 kA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	10	25	25	25	25	30	30	36	36	36	T	50							
	S400-PJ	85 kA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	10	25	25	25	25	30	30	36	36	36	T	50							
	S400-PE	85 kA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	10	25	25	25	25	30	30	36	36	36	T	50							
	E630-NE	36 kA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	T	T	T							
	S630-CE	50 kA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	36	36	T	T							
S630-GE	70 kA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	36	36	T	50								
TB2 H/L 400	H400-NE	125kA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	10	36	36	25	25	T	50	T	T	70	T	50							
TB2 1000	S800-CJ	36 kA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	20							
	S800-NJ	50 kA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	20							
	S800-RJ	70 kA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	20							
	S800-NE	50 kA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	20							
	S800-RE	70 kA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	20							

Notas: 1. Todos los ajustes de intensidad y tiempo de retardo deben ajustarse al valor máximo para el interruptor de caja moldeada aguas arriba.

2. I_s expresada en kA.

3. T= selectividad total.

Figura 34. Taula de selectivitat entre models de caixa modelada.

Interrupidor aguas arriba tipo interruptor de caja moldeada																		
Interrupidor de protección de línea tipo int. magnetotérmico TD3 M06, TD3 M10 MCBs curvas B, C & D	S125-GJ (65kA) S125-NJ (36kA)							S160-GJ (65kA) S160-NJ (36kA)							S250-GJ (65kA) S250-NJ (36kA)		S400-PJ (85kA) S400-GJ (70kA) S400-NJ (50kA) S400-CJ (36kA) E400-NJ (25kA)	
	in	20A	32A	50A	63A	100A	125A	20A	32A	50A	63A	100A	125A	160A	200A	250A	250A	400A
	6A	260	T	T	T	T	T	260	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	10A	260	420	T	T	T	T	260	420	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	16A	260	420	650	T	T	T	260	420	650	T	T	T	T	T	T	T	T
	20A	260	420	650	T	T	T	260	420	650	1000	T	T	T	T	T	T	T
	25A	260	420	650	1000	T	T	260	420	650	1000	T	T	T	T	T	T	T
	32A	260	420	650	1000	1500	T	260	420	650	1000	1500	T	T	T	T	T	T
	40A	260	420	650	1000	1500	2000	260	420	650	1000	1500	2000	T	T	T	T	T
	50A	260	420	650	1000	1500	2000	260	420	650	1000	1500	2000	3000	T	T	T	T
	63A	260	420	650	1000	1500	2000	260	420	650	1000	1500	2000	3000	2600	T	T	T

Notas: 1. Valor no disponible para S160-GJ.
2. I_s expresada en A.
3. T = selectividad total.

Figura 35. Selectivitat entre models de caixa modelada amb models modulars aigües avall.

Es poden extreure les següents conclusions:

Per a assegurar la selectivitat, és recomanable muntar aigües amunt un interruptor automàtic amb una intensitat de regulació suficientment superior.

Els interruptors electrònics estan dissenyats per a ser utilitzats en una categoria de treball B explicada a l'annex 1.

5.1 Selectivitat entre dos interruptors automàtics de caixa modelada.

En aquest exemple es pot observar com es pot jugar amb les diferents regulacions tèrmiques i magnètiques dels interruptors automàtics per a aconseguir una coordinació total si interessa. S'utilitzarà aigües amunt un model de **MCCB** de 250A d'intensitat de treball (**In**) de regulació electrònica amb una intensitat de regulació **Ir** de 250A. Com s'explica al Capítol 4. Interruptors automàtics, els interruptors automàtics electrònics tenen una configuració de la corba característica per a cada regulació del dial d'ajust, variant el retard curt, el retard llarg, les seves intensitats associades, i la intensitat d'activació (**trip**) instantània; així que es podrà observar com en anar variant la seva regulació, la **Is** de coordinació entre els dispositius va variant fins a assolir selectivitat total. Aigües avall es situarà un **MCCB** de 125A de regulació termo magnètica estandarditzada d'intensitat de treball (**In**).

A la Figura 33 es poden observar les diferents corbes característiques per a un MCCB de 250A electrònic. És per això que a base d'anar provant les diferents regulacions en contraposició amb la corba característica de l'interruptor aigües avall, s'observa que fins a la regulació 5 no es pot assegurar selectivitat entre els dos dispositius.

En la Figura 36, per a la regulació 5 de l'interruptor electrònic aigües amunt, es pot observar que s'ha augmentat el **retard llarg** de **a 7,5 segons** i, en aquest cas, s'ha augmentat el **retard curt** de **a 0,2 segons**. Ara sí, per a aquesta configuració, s'aconsegueix selectivitat total entre els dos dispositius per a qualsevol instant de temps.

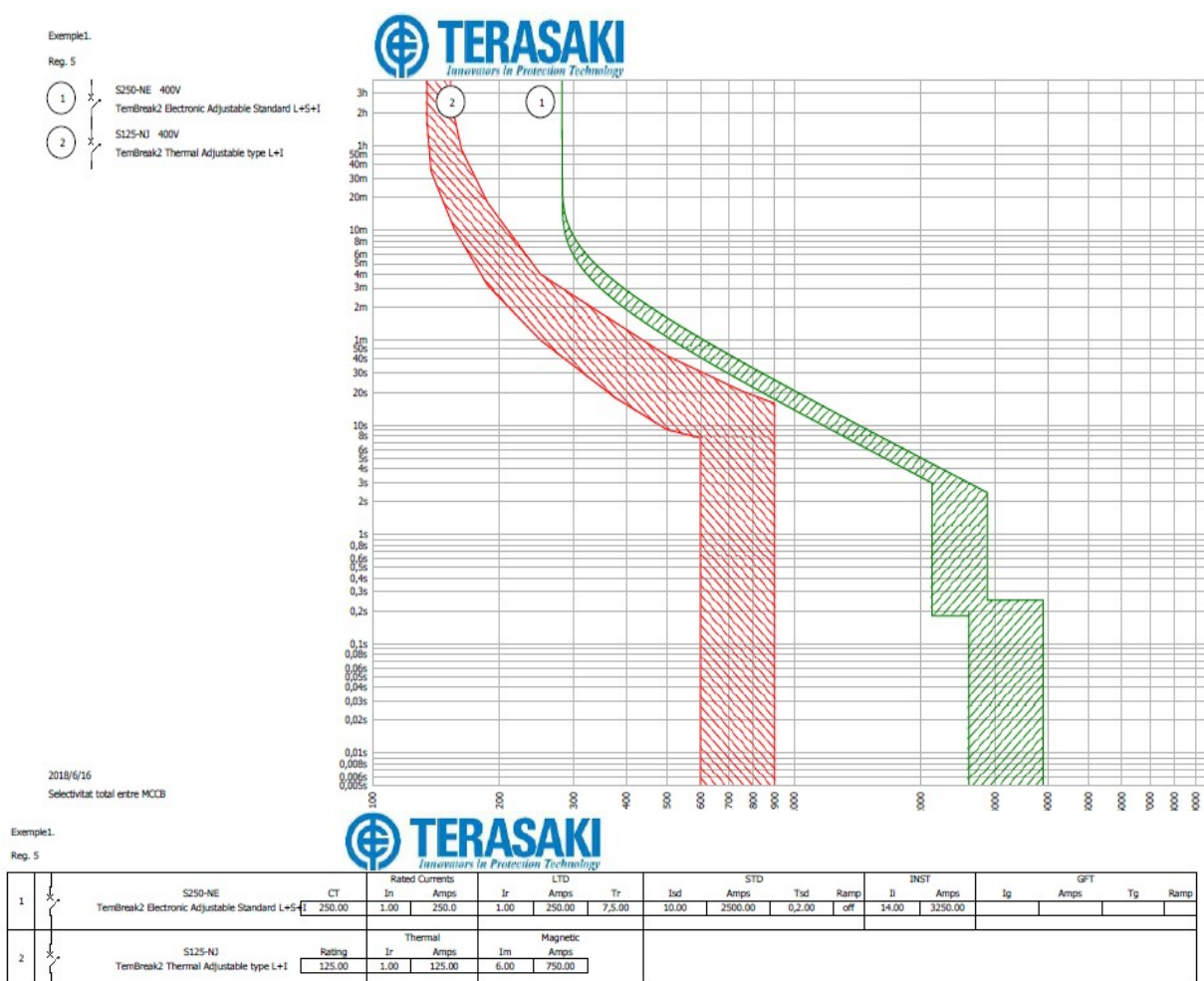


Figura 36. Interruptor aigües amunt amb regulació 5.

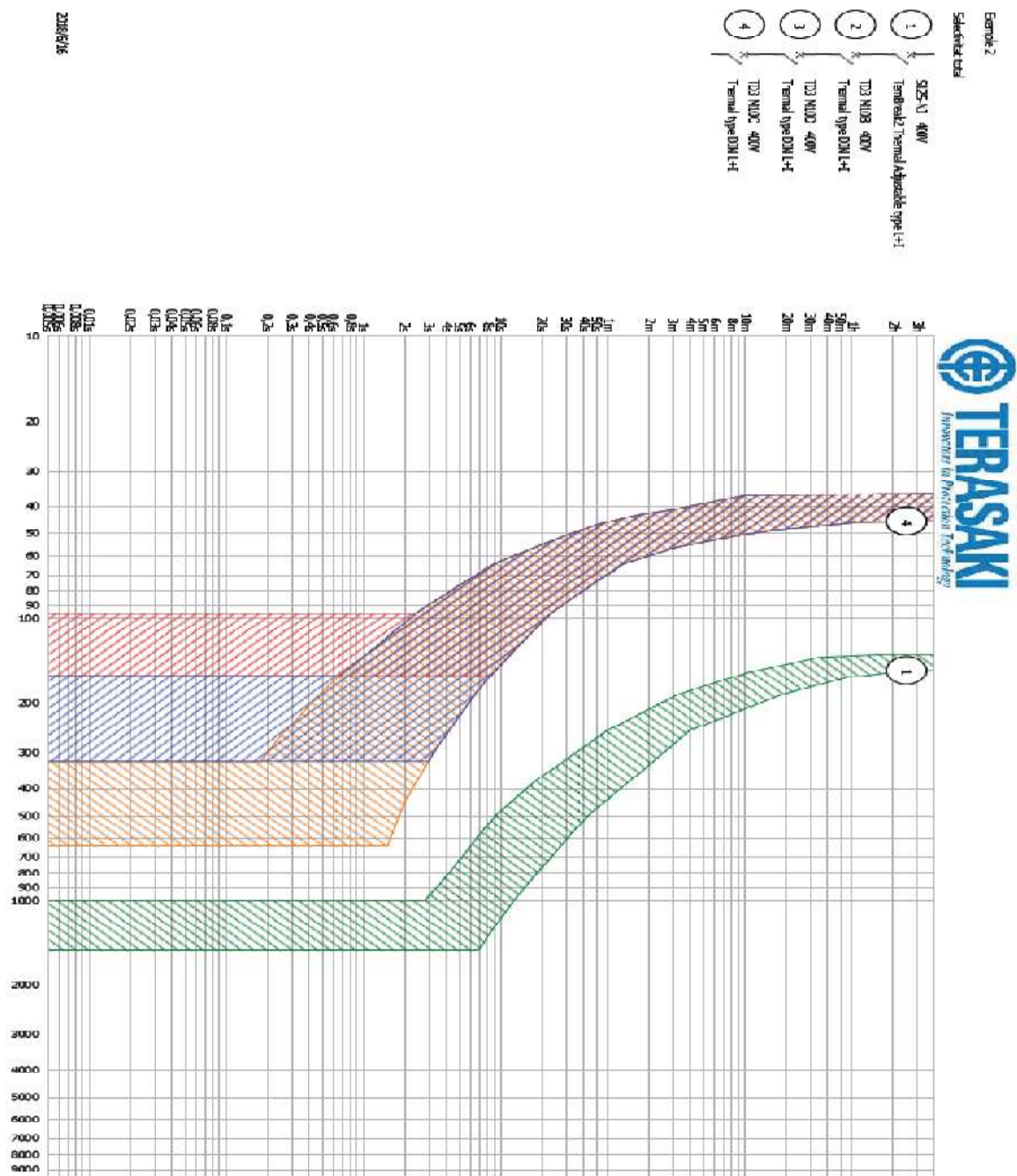
5.2. Selectivitat entre un interruptor de caixa modelada (MCCB) i un modular (MCB).

En aquest exemple podem observar la coordinació entre un interruptor automàtic de caixa modelada de 125A aigües amunt i diferents models d'interruptors automàtics modulars amb diferents intensitats de regulació.

En aquest cas, com els interruptors automàtics modulars per a aplicacions domèstiques i anàlogues són de regulació fixa B, C o D. Les taules de selectivitat mostren que un interruptor automàtic de caixa modelada aigües amunt és totalment selectiu per interruptors modulars fins a una intensitat de 32A. Això significa que s'assegura selectivitat per a qualsevol regulació B (vermell), C (blau), o D (taronja), de l'interruptor de 32A. Això es pot observar en la Figura 37.

Per el cas d'interruptors aigües avall amb una intensitat de regulació major que 32A, les taules ofereixen el valor de Is a partir del qual no es pot assegurar selectivitat entre els interruptors.

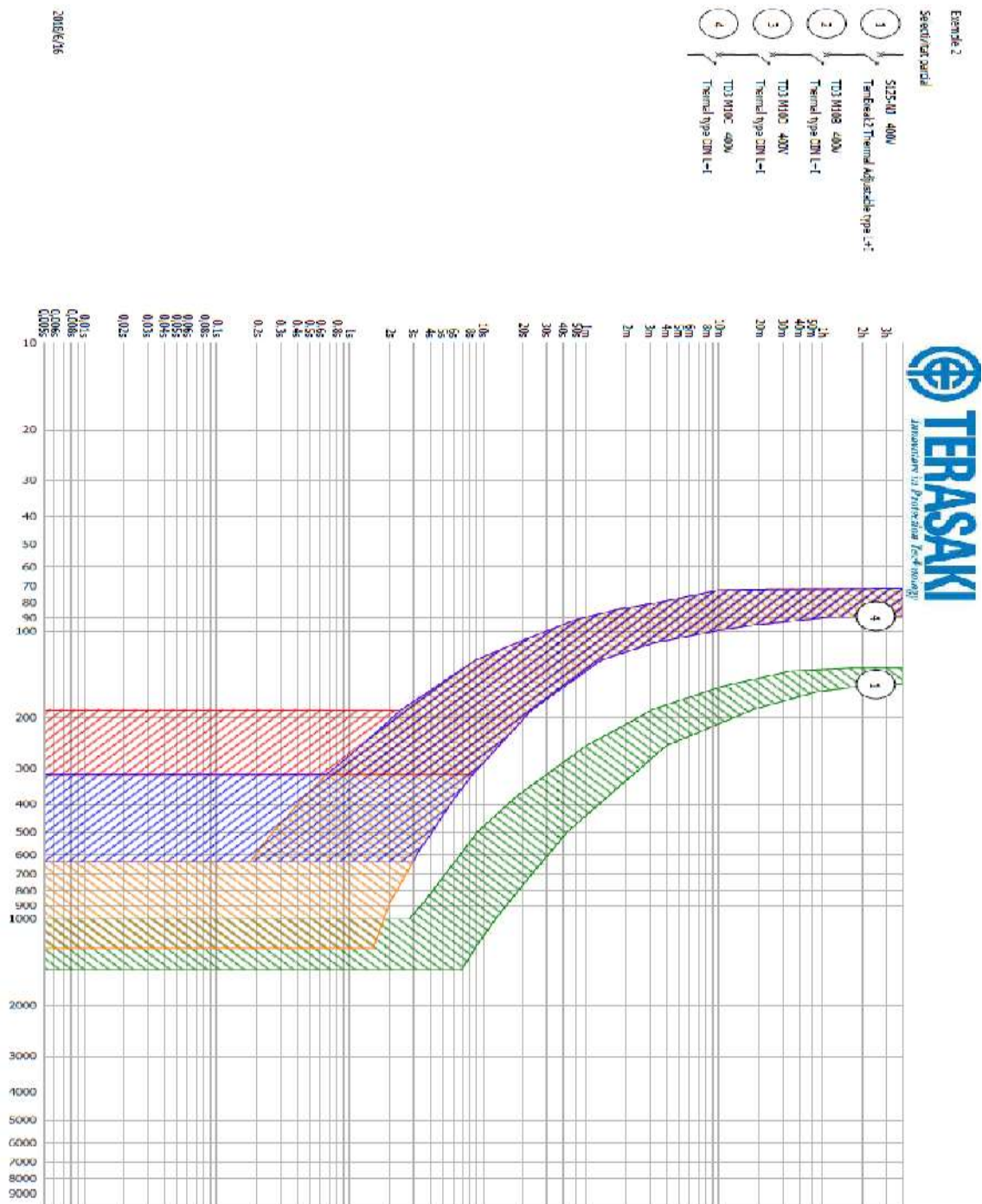
En la Figura 38 es pot observar com l'interruptor aigües amunt de 125A no és selectiu total amb el model de regulació D d'un interruptor modular de 63A, però sí ho és amb els models B i C.



Exemple 2
Selectivitat total

		Rating	Thermal		Magnetic	
			Ir	Amps	Im	Amps
1	S125-NJ TermBreak2 Thermal Adjustable type L+I	125.00	1.00	125.00	10.00	1250.00
2	TD3 M10B Thermal type DIN L+I	32.00	1.00	32.00	B	128.00
3	TD3 M10D Thermal type DIN L+I	32.00	1.00	32.00	D	480.00
4	TD3 M10C Thermal type DIN L+I	32.00	1.00	32.00	C	240.00

Figura 37. Exemple selectivitat total entre un MCCB i un MCB en les seves diferents regulacions.




Exemple 2

Selectivitat parcial

Example 2

Selectivitat parcial



TERASAKI

Innovators in Protection Technology





1		S125-NJ TemBreak2 Thermal Adjustable type L+I	Rating	Thermal		Magnetic	
				Ir	Amps	Im	Amps
			125,00	1.00	125,00	10,00	1250,00
2		TD3 M10B Thermal type DIN L+I	Rating	Thermal		Magnetic	
				Ir	Amps	Im	Amps
			63,00	1.00	63,00	B	252,00
3		TD3 M10D Thermal type DIN L+I	Rating	Thermal		Magnetic	
				Ir	Amps	Im	Amps
			63,00	1.00	63,00	D	945,00
4		TD3 M10C Thermal type DIN L+I	Rating	Thermal		Magnetic	
				Ir	Amps	Im	Amps
			63,00	1.00	63,00	C	472,500

Figura 38. Exemple selectivitat parcial entre un MCCB i un MCB en les seves diferents regulacions.

5.3 Selectivitat entre un fusible i un interruptors automàtics de caixa modelada.

En aquest exemple mostra la selectivitat entre un interruptor de caixa modelada de 125A, i es mostren tots els fusibles de intensitats nominals majors o iguals a la de l'interruptor fins a trobar el fusible que és totalment selectiu amb l'interruptor.

Com els fusibles treballen molt bé davant curtcircuits, pot resultar interessant que la selectivitat entre el fusible aigües amunt i l'interruptor automàtic aigües avall sigui parcial, de manera que davant sobrecàrregues hi hagi selectivitat entre els dos dispositius però que davant un curtcircuit no hi hagi selectivitat, aconseguint que sigui el fusible el que protegeixi el circuit abans que actuï l'interruptor automàtic. Quan això succeeix es diu que el fusible és limitador.

En la Figura 39 es pot observar que per a aconseguir selectivitat total amb un interruptor automàtic de 125A es necessita un fusible de 315A d'intensitat nominal.

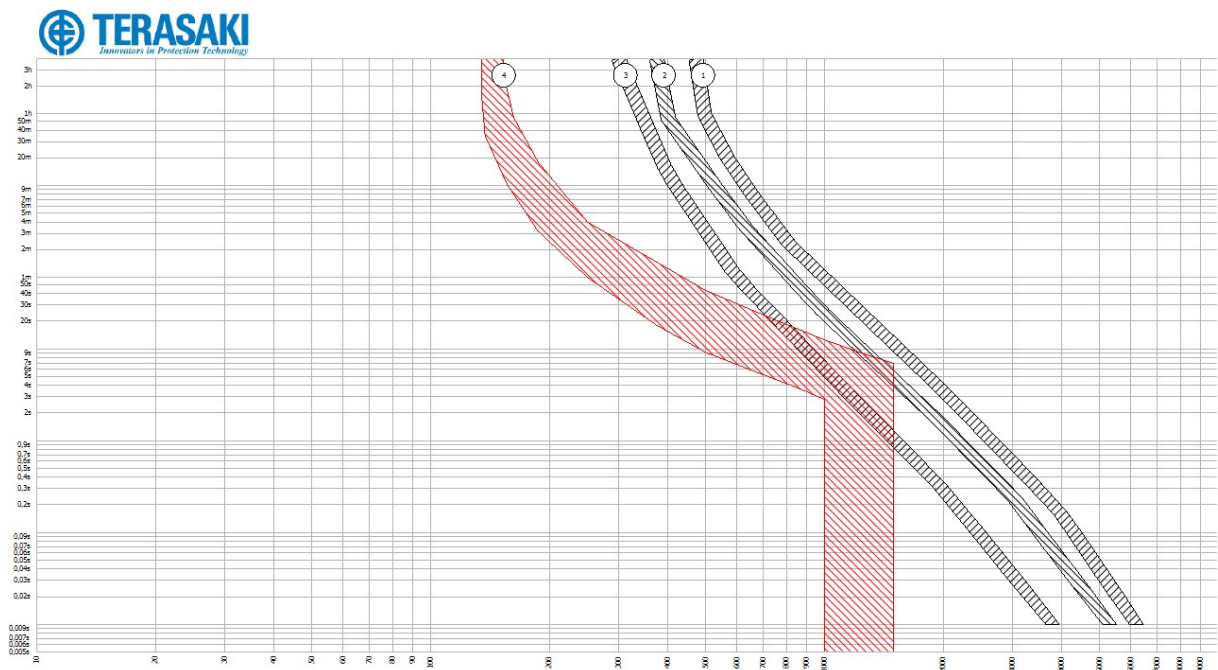


Figura 39. Coordinació entre fusibles de 200, 250 i 315A davant un interruptor de caixa modelada de 125A.

6. Càlcul dels poders de tall en un circuit de distribució

En aquest exemple s'utilitzarà el **software TemCircuit** de l'empresa **Terasaki Electric (Europe) Ltd**, per a calcular els poders de tall per a una línia de baixa tensió.

En aquest exemple s'utilitzarà el software per a calcular els poders de tall en diferents punts d'un circuit on hi ha un centre de transformació de mitja tensió a baixa tensió, seguit d'un quadre de distribució general de baixa tensió i seguit d'un quadre secundari de distribució.

Les dades de partida són:

- La tensió de mitja tensió (U_1) i la seva potència de curtcircuit (P_{cc}).
- La distància la línia de mitja tensió al transformador (L_1), la secció del conductor que uneix els dos punts (S_1), la separació entre fases (D) i la conductivitat del conductor (χ_1).
- La potència nominal del transformador (P), el nombre de transformadors en paral·lel (n_1), la tensió de curtcircuit percentual (u_{cc}) i la tensió del secundari del transformador (U_2).
- La distància entre els transformador i el quadre general de distribució (L_2), el nombre de conductors per fase (n_2), la secció del conductor (S_2) i la conductivitat del conductor (χ).
- La distància entre els quadre general i el quadre secundari de distribució (L_3), el nombre de conductors per fase (n_3), la secció del conductor (S_3) i la conductivitat del conductor (χ_2).

Volem estudiar un circuit que ve d'una xarxa de mitja tensió de 25kV de tensió i 400MVA de potència de curtcircuit. El conductor serà d'Alumini. El transformador, de 1MVA de potència, 5% de tensió de curtcircuit i 400V en el secundari es troba a 1 metre. El quadre general està situat a 20 metres. El conductor que uneix el transformador haurà de suportar un mínim de 1000A, de manera que s'haurà d'escollir el nombre de conductors per fase i la secció del conductor utilitzant les taules corresponents, que ja proporciona el software. El conductor serà de Coure. El quadre secundari estarà a 50 metres del quadre general. El conductor que uneix el quadre general i el secundari haurà de suportar un mínim de 200A. El conductor serà de Coure.

Cálculo de intensidades de cortocircuito

Proyecto: Cálculo de intensidades de cortocircuito **Autor:** Axel

Circuito tipo	Nomenclatura
<p>Equipos compañía</p> <p>lcc en A= 9.24 kA (En celdas Media Tensión)</p> <p>U1 = 25 kV Pcc = 400 MVA</p>	<p>U1.- Tensión nominal Pcc.- Potencia de cortocircuito (Dato facilitado por la Cia) 25 kV probable 400 MVA 15 kV probable 250 MVA</p>
<p>Barras generales AT</p> <p>L1 = 1 m S1 = 240 mm² D = 100 mm χ = 34 Al</p> <p>Línea</p>	<p>L.- Longitud S.- Sección D.- Separación entre fases χ- Conductividad Cu=54...56 Al=34...35</p>
<p>Transformador</p> <p>P = 1 MVA n = 1 Ucc = 5 U2 =</p>	<p>P.- Potencia nominal n.- Nº de transformadores en paralelo Ucc.- Tensión de cortocircuito U2.- Tensión nominal secundaria</p> <p>Valor de Ucc orientativa:</p> <p>25...630 kVA = 4% 800...1250 kVA = 5% 1600...2500 kVA = 6.25%</p>

TERASAKI

Cálculo de intensidades de cortocircuito

Proyecto: Cálculo de intensidades de cortocircuito **Autor:** Axel

Circuito tipo	Nomenclatura
<p>Equipos compañía</p> <p>lcc en A= 9.24 kA (En celdas Media Tensión)</p> <p>U1 = 25 kV Pcc = 400 MVA</p>	<p>U1.- Tensión nominal Pcc.- Potencia de cortocircuito (Dato facilitado por la Cia) 25 kV probable 400 MVA 15 kV probable 250 MVA</p>
<p>Barras generales AT</p> <p>L1 = 1 m S1 = 240 mm² D = 100 mm χ = 34 Al</p> <p>Línea</p>	<p>L.- Longitud S.- Sección D.- Separación entre fases χ- Conductividad Cu=54...56 Al=34...35</p>
<p>Transformador</p> <p>P = 1 MVA n = 1 Ucc = 5 % U2 = 0.4 kV</p>	<p>P.- Potencia nominal n.- Nº de transformadores en paralelo Ucc.- Tensión de cortocircuito U2.- Tensión nominal secundaria</p>

TERASAKI

Figura 40. Dades de la banda de mitja tensió i del transformador.

TABLA DE SELECCIÓN CABLES AISLADOS									
Sección mm ²		Intensidad de servicio máxima permanente (A)							
		tubo/conducto				al aire/empotrados			
		PVC 750 V (V750)		PVC 1000 V (VV)		PVC 750 V (V750)		PVC 1000 V (VV)	
		3x1	2x1	3x1	2x1	1x3	1x2	1x3	1x2
50	Cu	95	110	110	110	110	110	100	140
	Al	74	83	83	91	83	91	105	115
70	Cu	120	135	135	150	135	150	165	185
	Al	94	105	105	115	105	115	130	145
95	Cu	145	165	165	180	165	180	200	225
	Al	115	130	130	140	130	140	160	175
120	Cu	170	190	190	210	190	210	235	260
	Al	130	150	150	160	150	160	185	205
150	Cu	195	220	220	240	220	240	270	300
	Al	150	170	170	185	170	185	210	235
185	Cu	220	250	250	275	250	275	305	340
	Al	175	195	195	215	195	215	240	265
240	Cu	260	295	295	320	295	320	360	400
	Al	205	230	230	250	230	250	280	315

Aislamientos de goma butílica, polietileno o similares, tienen **mayor** capacidad de conducción

Factores de corrección

Temp. Ambiente

20°	x 1,34	x 1,23	x 1,34	x 1,23
45°	x 0,89	x 0,93	x 0,89	x 0,93

Agrupamiento

4 a 7 conductores	0,9
más de 7 conduct.	0,7

Cálculo de intensidades de cortocircuito

🔌 Línea B

🔌 Línea C

🔌 Línea D

🔌 Cuadro General BT

🔌 Cuadro secundario BT

🔌 Subcuadro BT

L2 = 20 m
n = 4
S2 = 185 mm²
χ = 54 Cu

L3 = 50 m
n = 1
S3 = 185 mm²
χ = 54 Cu

L4 = m
S4 = mm²
χ =

L.- Longitud
n.- Nº de conductores por fase
S.- Sección

χ.- Conductividad Cu=54...56
Al=34...35

L.- Longitud
n.- Nº de conductores por fase
S.- Sección

χ.- Conductividad Cu=54...56
Al=34...35

L.- Longitud
S.- Sección

χ.- Conductividad Cu=54...56
Al=34...35

RESULTADO

Icc en A= 9.24 kA (En celdas Media Tensión)


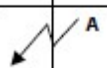
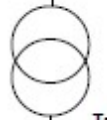
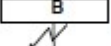
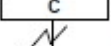
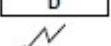
Icc en B= 23.38 kA (En Cuadro General de Baja Tensión)

Icc en C= 15.82 kA (En Cuadro secundario de Baja Tensión C)

Icc en D= kA (En Subcuadro de Baja Tensión D)

Figura 41. Dades de la banda de mitja tensió i del transformador.

Extraient l'informe del circuit obtenim que:

Circuito tipo		Nomenclatura
<p>Equipos compañía</p>  <p>U1 = 25 kV Pcc = 400 MVA</p>		<p>U1.- Tensión nominal Pcc.- Potencia de cortocircuito (Dato facilitado por la Cía) 25 kV probable 400 MVA 15 kV probable 250 MVA</p>
<p>Barras generales AT</p> <p>Línea A</p>  <p>L1 = 1 m S1 = 240 mm² D = 100 mm χ = 34 Al</p>		<p>L.- Longitud S.- Sección D.- Separación entre fases χ.- Conductividad Cu=54...56 Al=34...35</p>
<p>Transformador</p>  <p>P = 1 MVA n = 1 Ucc = 5 % U2 = 0.4 kV</p>		<p>P.- Potencia nominal Ucc.- Tensión de cortocircuito U2.- Tensión en secundario n.- N° de transformadores en paralelo</p>
<p>Línea B</p>  <p>Cuadro General BT</p> <p>L2 = 20 m n = 4 S2 = 185 mm² χ = 54 Cu</p>		<p>L.- Longitud S.- Sección n.- Número de conductores por fase χ.- Conductividad Cu=54...56 Al=34...35</p>
<p>Línea C</p>  <p>Cuadro secundario BT</p> <p>L3 = 50 m n = 1 S3 = 185 mm² χ = 54 Cu</p>		<p>L.- Longitud S.- Sección χ.- Conductividad Cu=54...56 Al=34...35 n.- Número de conductores por fase</p>
<p>Línea D</p>  <p>Subcuadro BT</p> <p>L4 = m S4 = mm² χ =</p>		<p>L.- Longitud S.- Sección χ.- Conductividad Cu=54...56 Al=34...35</p>

RESULTADO	loc en	A =	9.24	kA	(En celdas Media Tensión)
	loc en	B =	23.38	kA	(En cuadro General de Baja Tensión)
	loc en	C =	15.82	kA	(En cuadro secundario de Baja Tensión C)
	loc en	D =		kA	(En subcuadro de Baja Tensión D)

Figura 42. Informe dels càlculs de poders de tall.

Per a comprovar que el software és vàlid es necessita comparar-ho amb els valors analítics calculats del circuit presentat.

- Per al corrent de curtcircuit en el punt A especificat:

Coneixent els valors de la U_1 i de P_{cc} , per a trobar la I_{ccA} :

$$I_{ccA} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times U_1} = \frac{400.000.000}{\sqrt{3} \times 25.000} = 9237,60 \text{ A}$$

Per tant, la $I_{ccA} = 9,24 \text{ kA}$.

- Per al corrent de curtcircuit en el punt B especificat:

Primerament es considera negligible l'efecte de la connexió entre la xarxa de mitja tensió i el transformador, ja que es considera que aquest està molt a prop (1m).

Per a calcular el corrent de curtcircuit en borns del transformador són necessàries les fórmules presentades a l'apartat 2.2.2.2 Amplitud màxima del corrent asimètrica: Intensitat de xoc de curtcircuit calculant la potència de curtcircuit del transformador

$$P_{cc,tr} = \frac{100}{\epsilon_{cc}} \times P = \frac{100}{5} \times 1.000.000 = 20.000.000 \text{ VA}$$

i la del corrent permanent de curtcircuit

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times U_2} = \frac{20.000.000}{\sqrt{3} \times 400} = 28867,81 \text{ A}$$

Per a calcular el corrent de curtcircuit en el quadre general situat a 20 metres, es necessita conèixer la impedància de curtcircuit en aquest punt. Això s'aconsegueix calculant la impedància del transformador i sumant-l'hi la impedància del conductor.

Per a calcular la impedància del transformador

$$Z_{cc,tr} = \frac{U_2}{P_{cc,tr}} = \frac{400^2}{20.000.000} = 0,008 \Omega$$

Per tant, la impedància del transformador és de $8 \text{ m}\Omega$.

Per a calcular les impedàncies lineals del conductor es necessita recórrer a la Figura 43.







Tipo de instalación	Juego de barras	Cable trifásico	Cables unipolares separados	Cables unipolares colocados en triángulo	3 cables en línea juntos	3 cables en línea separados «d»: d = 2r d = 4r	
Esquema							
Reactancia unitaria valores extremos en mΩ/m	0,15	0,08	0,15	0,085	0,095	0,145	0,19
Reactancia unitaria valores extremos en mΩ/m	0,12-0,18	0,06-01	0,1-0,2	0,08-0,09	0,09-01	0,14-0,15	0,18-0,20

Figura 43. Valors de les reactàncies dels cables segons la seva configuració [12].

En aquest exemple s'ha agafat la configuració de cables unipolars col·locats en triangle. Per això la reactància de línia serà de $0,085 \frac{\text{m}\Omega}{\text{m}}$. Així doncs la reactància de línia serà:

$$X_L = 0,085 \times 20 = 1,7 \text{ m}\Omega$$

Per a calcular la resistència de línia, s'utilitza la fórmula següent

$$R_L = \rho \times \frac{L}{S} = \frac{1}{54} \times \frac{20}{4 \times 185} = 0,0005 \Omega$$

On:

- ρ és la resistivitat del conductor, que és la inversa de la seva conductivitat.
- L és la longitud del conductor.
- S és la secció del conductor, en aquest cas, com hi ha quatre conductors per fase, aquesta secció serà quatre vegades la secció del conductor escollida.

Així doncs, la impedància de línia serà

$$Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} = \sqrt{0,5^2 + 1,7^2} = 1,772 \text{ m}\Omega$$

Per tant, la impedància en el quadre general serà de

$$Z_B = Z_{cc,tr} + Z_L = 8 + 1,772 = 9,772 \text{ m}\Omega$$

Coneixent la impedància, es pot trobar el corrent de curtcircuit en el quadre general

$$I_{ccB} = \frac{U_2}{\sqrt{3} \times Z_A} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 0,009772} = 23632,84 \text{ A}$$

Així doncs, el corrent de curtcircuit en el quadre general és de **23,62 kA**.

Finalment per a calcular el poder de tall en el quadre secundari a 60 metres del general es segueix el mateix procediment efectuat per al quadre general.

En aquest cas, la reactància de línia serà

$$X_L = 0,085 \times 50 = 4,25 \text{ m}\Omega$$

I la resistència de línia

$$R_L = \rho \times \frac{L}{S} = \frac{1}{54} \times \frac{50}{185} = 0,005 \Omega$$

En aquest cas només hi ha un conductor per fase. Si es calcula la impedància de línia

$$Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} = \sqrt{4,25^2 + 5^2} = 6,562 \text{ m}\Omega$$

Així doncs, la impedància en el quadre secundari serà

$$Z_C = Z_B + Z_L = 9,772 + 6,562 = 16,334 \text{ m}\Omega$$

Finalment, es pot trobar el corrent de curtcircuit en aquest quadre

$$I_{ccc} = \frac{U_2}{\sqrt{3} \times Z_C} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 0,016334} = 14.138,44 \text{ A}$$

Així doncs, el poder de curtcircuit en el quadre secundari és de **14,14 kA**.

Es pot observar com a mesura que hi ha més distància entre el transformador i el quadre, els valors trobats analíticament i els trobats pel software divergeixen. Això és conseqüència de què, segurament, la reactància lineal que utilitza el software és lleugerament diferent a l'escollida en aquest estudi, ja sigui perquè s'ha escollit un valor mig o perquè la configuració dels cables era diferent. Aquesta desviació, com la reactància de línia augmenta amb la longitud del cable, va augmentant a mesura que el punt de càlcul s'allunya del transformador.

7. Conclusions

En vista dels resultats obtinguts i de l'estudi efectuat i, segons els objectius proposats a l'inici del projecte, s'exposen les conclusions a les que s'ha arribat.

En el present projecte s'han estudiat les característiques dels fenòmens de les sobreintensitats en circuits de baixa tensió i quins dispositius existeixen per a protegir els circuits elèctrics de les conseqüències que comporta l'aparició d'un d'aquests defectes.

S'han estudiat els diferents defectes que poden succeir en un circuit, centrant-se en les sobreintensitats i en els corrents diferencials residuals. S'ha estudiat quines són les característiques de cada defecte i els seus valors característics i com es calculen si és possible. S'ha pogut constatar com de perilloses poden arribar a ser les conseqüències, sobretot en circuits on es traslladen grans quantitats d'energia elèctrica, en el cas de les sobreintensitats, o la perillositat dels contactes indirectes per als éssers vius i per els dispositius no preparats per a suportar aquest tipus d'intensitats.

Seguidament s'han estudiat les característiques, tipus i aplicacions dels diferents dispositius englobats dintre la família dels interruptors industrials. S'han definit quines han de ser aquestes característiques depenent de la magnitud i el tipus de defecte que es preveu que pot succeir. S'han exposat els diferents tipus d'interruptors industrials que hi ha al mercat, centrant-se en els interruptors automàtics, les seves característiques i les seves zones d'aplicació.

Finalment s'han presentat exemples pràctics de coordinació entre dispositius de protecció en baixa tensió, on s'ha utilitzat un software per a presentar les gràfiques de manera precisa. També s'ha proposat un cas exemple de càlcul de corrents de curtcircuit on s'ha utilitzat un software i posteriorment s'ha comprovat de manera analítica que els resultats obtingut mitjançant aquest software són vàlids.

8. Pressupost

Per a realitzar aquest treball s'ha necessitat accés a diferents Normes de referència només accessibles comprant-les a AENOR. En la següent taula s'ofereix un pressupost del que costen aquestes Normes, a més del cost d'enginyeria del projecte i altres costos.

Descripció	Unitat	Preu unitari (€/U)	Quantitat	Preu total (€)
UNE-EN 60947-1:2008	u	160,00 €	1	160,00 €
UNE-EN 60947-1:2008/A1:2011	u	61,00 €	1	61,00 €
UNE-EN 60947-2:2018	u	171,00 €	1	171,00 €
UNE-EN 60947-5-1:2005	u	96,00 €	1	96,00 €
UNE-EN 60898-1:2004	u	114,00 €	1	114,00 €
UNE-EN 61009-1:2013	u	141,00 €	1	141,00 €
UNE-EN 60269-1:2008	u	92,00 €	1	92,00 €
COST NORMATIVA				835,00 €
Cost d'enginyeria	h	40,00 €	240	4.800,00 €
TOTAL				5.635,00 €

En quan a la normativa, hi ha la opció que ja vingui proporcionada, de manera que no entraria dintre del pressupost.

9. Impacte ambiental

En principi un projecte basat en recerca i en l'ús de softwares no té un impacte ambiental significatiu ja que no es generen residus. L'únic impacte que es pot arribar a considerar seria el paper gastat durant el mateix i l'energia consumida en l'ús de dispositius elèctrics mentre es feia.

Té més rellevància parlar de l'impacte ambiental que pot causar un defecte elèctric. S'ha de tenir en compte que en el cas de les sobreintensitats, particularment en el cas dels curtcircuits, si no s'escull adequadament el dispositiu de protecció poden haver conseqüències catastròfiques, habitualment explosions o incendis.

Quan es treballa amb corrents d'alt amperatge, qualsevol defecte de curtcircuit pot tenir conseqüències catastròfiques ja que la quantitat d'energia que es trasllada és molt elevada, per això, si no es protegeix bé el circuit pot arribar a haver una explosió. Una explosió genera una quantitat considerable de residus en forma de material cremat irrecuperable, així com genera una forta contaminació acústica, que poden causar danys, tant materials com per a qualsevol ésser viu en les proximitats.

Tot i que no succeeixi una explosió, és possible que s'esdevingui un incendi de resultes d'un defecte. En aquest cas, el perjudici i l'impacte ambiental que pugui causar dependrà de la capacitat d'extinció de l'aparellatge mateix i/o de la rapidesa d'actuació dels operaris que es trobin a prop.

En el cas dels corrents indirectes, si no es dissenya i es protegeix bé un circuit pot ser desastrós per a qualsevol ésser viu o dispositiu que entri en contacte indirectament. En el cas d'un ésser viu pot causar greus danys i inclús la mort, mentre que en el cas de contacte indirecte d'un dispositiu amb el circuit, pot generar la destrucció del dispositiu o en el seu defecte, danys irreparables.

En qualsevol cas, és molt important dissenyar i protegir adequadament les instal·lacions elèctriques per a evitar qualsevol impacte ambiental sobre l'entorn on estigui situada aquesta instal·lació.

10. Bibliografia

1. Asociación Española de Normalización y Certificación (2008) UNE-EN 60947-1: Aparamenta de baja tensión. Parte 1, Reglas generales
2. Asociación Española de Normalización y Certificación (2004) UNE-EN 60898-1: Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecorrientes Parte 1: Interruptores automáticos para funcionamiento en corriente alterna
3. Torres González JL (2001) Sobrecorrientes en baja tensión: Riesgos, protecciones y aparataje. Madrid, España
4. Asociación Española de Normalización y Certificación (2013) UNE-EN 61009-1: Interruptores automáticos para actuar por corriente diferencial residual, con dispositivo de protección contra sobrecorrientes incorporado, para usos domésticos y análogos (AD). Parte 1: Reglas generales.
5. Asociación Española de Normalización y Certificación (2008) UNE-EN 60269-1: Fusibles de baja tensión. Parte 1: Reglas generales.
6. Asociación Española de Normalización y Certificación (2018) UNE-EN 60947-5-1: Aparataje de baja tensión. Parte 5-1: Aparatos y elementos de conmutación para circuitos de mando. Aparatos electromecánicos para circuitos de mando.
7. ETOLOCKA (2018) Interruptores automáticos. Funcionamiento y simbología. <http://www.profetolocka.com.ar/2018/01/04/interruptores-automaticos-funcionamiento-y-simbologia/>
8. (AFME) A de F de ME (2014) Cuadernos de Divulgación Técnica. Aplicación de los Interruptores Automáticos de Baja Tensión
9. Afinidad eléctrica. <http://www.afinidadelectrica.com/>
10. Asociación Española de Normalización y Certificación (2018) UNE-EN 60947-2: Aparataje de baja tensión. Parte 2: Interruptores automáticos.
11. Ltd TE (Europe) (2014) TemBreak 2: MCCBs de 12A hasta 3200A • MCCBs para 1000V CA MCCBs para 1000V CC MCCBs con protección diferencial incorporada (CBR) Seccionadores de corte en carga • Medida y comunicación
12. Metz-Noblat B De, Thomasset G, Dumas F (2008) Cálculo de corrientes de

cortocircuito. 1-20